

## Hur mycket frö sprids från *Pinus contorta*?

Kottproduktion, serotinitet och frökvalitet i relation till  
beståndsålder i södra Norrland

*How much seed is dispersed from Pinus contorta in Sweden?*

*Cone production, serotinity and seed quality in relation to stand age*



Foto: Anders Granström

## Ronja Jägbrant





# Examensarbeten

Fakulteten för skogsvetenskap  
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2014:12

## Hur mycket frö sprids från *Pinus contorta*?

Kottproduktion, serotinitet och frökvalitet i relation till  
beståndsålder i södra Norrland

*How much seed is dispersed from Pinus contorta in Sweden?*

*Cone production, serotinity and seed quality in relation to stand age*

**Ronja Jägbrant**

### Nyckelord / Keywords:

Contorta, *Pinus contorta*, stratifiering, serotinitet, invasiva arter, exot, norra Sverige /  
*Lodgepole pine, Pinus contorta, stratification, serotiny, invasive species, exotic species, Northern Sweden*

---

ISSN 1654-1898

Umeå 2014

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*

Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i biologi / *Master degree thesis in Forest Biology*

EX0705, 30 hp, avancerad nivå A2E/ *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor*: Anders Granström

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Extern handledare / *External supervisor*: Daniel Hägglund, Holmen Skog AB

Examinator / *Examiner*: Johnny Schimmel

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examiner. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

*This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.*



## Förord

Först av allt vill jag ge ett stor tack till min handledare Anders Granström för stort engagemang och många värdefulla synpunkter. Jag vill även tacka min handledare på Holmen skog, Daniel Hägglund, för ideér samt hjälp med material till inventeringen och för finansiering av examensarbetet. Jag vill också tacka Mikael Äng, Ted Holmgren och Anders ”Linus” Persson för att de hjälpte mig och underlättade min inventering avsevärt.

Jag vill tacka Erik Walfridsson och Monica Lundström på Skogforsk i Sävar för värdefull kunskap och kommentarer samt hjälp med material för behandling av fröna.

Slutligen vill jag tacka mina föräldrar samt min sambo Sven Gustafsson för assistans och peppning under inventeringens gång men också genom hela arbetet.

## Sammanfattning

Contortatall (*Pinus contorta* ssp. *latifolia*) började planteras storskaligt i Sverige runt år 1970 men det dröjde till 1987 förrän Sverige lagstiftade begränsningar för hur den fick användas i skogsbruket. Detta gjordes bland annat på grund av att det saknades information om dess spridningsförmåga. Contortans spridningsförmåga i Sverige är fortfarande okänd och lagstiftningen är densamma. För att kunna beräkna spridningsförmågan och i förlängningen den potentiella etableringsframgången behövs kännedom om contortans fröproduktion i Sverige. Målet med denna studie var att undersöka hur kottproduktion och produktion av slutna kottar förhåller sig till beståndsålder och trädens vitalitet, samt att undersöka hur grobarheten påverkas av kottarnas åldrande.

Detta gjorde jag genom en inventering av 100 träd uppdelat på 10 bestånd i åldern 10-43 år där jag inventerade kottförekomsten inom fyra olika kottklasser: *öppna*, *halvöppna*, *slutna* och *årets*. Från träden samlade jag även in kottar, extraherade frön och gjorde grobarhetstest på dessa. På en del fröprover gjorde jag även stratifieringstester.

Antal kottar per träd ökade signifikant med beståndsåldern men andelen slutna kottar visade inget signifikant samband, dock en svagt ökande trend med stigande beståndsålder. Även vitalitet, mätt i form av trädens relativa brösthöjdsdiameter inom beståndet, påverkade det totala antalet kottar på träden signifikant men inte andel slutna kottar. Stigande kottålder påverkar grobarheten negativt. 1-åriga kottar hade en grobarhet på 90 % jämfört med 10-åriga kottar som hade en grobarhet på 50 %. Mer än hälften av fröproverna gynnades av den utförda stratifieringen. Grobarheten för vissa fröprover ökade med 35 procentenheter.

Graden av serotinitet visade stor variation mellan träd och är antagligen mer styrda av genetiska faktorer snarare än miljöfaktorer. I ett längre perspektiv kommer generna från träd med stor andel öppna kottar att spridas i större utsträckning än träd med stor andel slutna kottar. Detta eftersom avsaknaden av bränder, som krävs för betydande spridning av frön från serotina kottar, är stor i Sverige. Resultatet från denna studie kan användas för att modellera kolonisationspotentialen för contorta i Sverige förutsatt att ytterligare information om spridningskurvor och etableringsmöjligheter i olika habitat inhämtas.

Nyckelord: Contorta, *Pinus contorta*, stratifiering, serotinitet, invasiva arter, exot, Norra Sverige

## Abstract

In Sweden, lodgepole pine (*Pinus contorta* ssp. *latifolia*) was established on a large scale from around 1970, but a legal framework was not installed until 1987. Restrictions were then added due to lack of knowledge concerning the risk of uncontrolled dispersal. In order to describe the potential for dispersal and establishment in Sweden, knowledge about seed production is required. One aim of this study was to investigate how cone production and the production of closed cones are related to stand age and vitality of trees. Another aim was to analyze the relationship between cone age and seed viability.

I surveyed 100 lodgepole pines in 10 different stands in ages between 10-43 years and quantified cone production divided into four categories: *opened*, *semi-opened*, *closed* and *newly produced (not yet ripe)*. I also collected cones from the trees, extracted the seeds and analyzed their germination. On some seed lots I also did stratification tests.

The number of cones increased significantly with stand age. In contrast, the proportion of closed cones showed only a weak (not significant) increase with stand age. Also the vitality of the trees, expressed as relative diameter, was significantly correlated with the number of cones but not with the proportion of closed cones. Seed viability decreased with cone age, from 90 % in 1-year-old cones to 50 % in 10- year-old cones. More than 50 % of the seed lots were favored by the stratification. In some seed lots the stratification increased germination by 35 percentage points.

The degree of serotiny varied dramatically between trees and is probably connected to genetics rather than environmental factors. In a longer time perspective the genes from trees with a high proportion of open cones will spread to a larger extent compared to trees with a high proportion of closed cones, since the former will contribute the bulk of seed dispersal in the virtually fire-free Swedish landscape. The results from this study can be used to model the colonization potential of lodgepole pine in Sweden, provided additional information is obtained on typical dispersal kernels and establishment probabilities in various habitats.

Keywords: lodgepole pine, *Pinus contorta*, stratification, serotiny, invasive species, exotic species, Northern Sweden

# Introduktion

## Contortatallens ursprung och contortatallen i Sverige

Redan 1910 anlades en del försöksplanteringar i Sverige av contortatall (*Pinus contorta*) från västra Nordamerika (Nellbeck 1981). Runt år 1970 börjar mer storskalig plantering i Sverige av varianten *P. contorta* ssp. *Latifolia* (Engelm. ex S. Watson) från Alberta och Yukon (Critchfield & Little Jr. 1966; Elfving et al. 2001). Först år 1987 lagstiftade Sverige om vissa begränsningar för plantering av contorta (Skogsstyrelsen 2009). En av anledningarna var att spridningspotentialen för contorta var okänd. Förhoppningen är att denna studie ska kunna användas som underlag för att bedöma den potentiella spridningsförmågan hos contorta i Sverige.

År 2012 var den beräknade volymen av contortatall i Sverige 35,6 miljoner m<sup>3</sup>sk, vilket utgör 1,2 % av den totala stående volymen skog (Nilsson & Cory 2013). I areal räknat så utgör det 2,1 % av den produktiva skogsmarksarealen. Contorta har en optimal rotationstid som är 10-15 år kortare än svensk tall (*Pinus sylvestris*) (Andersson et al. 1999). Den har även visat sig vara konkurrenstålig, då den kan växa i täta förband (Nilsson 2013). Produktionen har även visat tendenser till att vara högre om bestånden inte gallras.

Från tidiga proveniensförsök i Sverige fann man att proveniensers från nordliga breddgrader hade högre överlevnad och att frömaterial från sydligare än 55 °N endast kunde användas i mycket gynnsamma klimatlägen (Hagner & Fahlroth 1974; Elfving, Ericsson & Rosvall 2001). Enligt mallar för proveniensval av frömaterial bör materialet förflyttas 2-8 ° norrut från Kanada till Sverige.

## Reproduktionsbiologi

Contorta (spp.) kan ha serotina kottar vilket innebär att kådbindningarna som håller ihop kottfjällen är förstärkta och öppnas först vid en temperatur på mellan 40-60 °C (Perry & Lotan 1977; Lotan & Perry 1983). Detta sker i huvudsak vid brand men kan även ske vid uppvärmning av solen om kottarna befinner sig nära marken. I Nordamerika öppnar sig icke serotina kottar strax efter att de mognat, vanligtvis i slutet på september (Lotan & Perry 1983) men hur detta förhåller sig i Sverige är okänt. I Nordamerika har olika varianter av *P. contorta* olika stor andel serotina kottar. Även om *P. contorta* var. *Latifolia* är den variant som har störst andel serotina kottar så varierar andelen med bland annat geografiskt läge, höjd över havet och med trädens ålder (Ackerman 1966; Lotan 1967; Despain 2001; Turner et al. 2007).

Även på Nya Zeeland har contortan introducerats och där bildar den kottar redan vid en ålder av 5 år (Ledgrad 2001). I Nordamerika kan contortan producera frön vid en ålder av knappt 10 år (Schmidt & Alexander 1985). I Sverige förekommer kottar på 10-åriga träd, men i undantagsfall på något yngre träd (Pers. obs.) (Figur 1). Contortans kottsättning skiljer sig från många andra trädslag då den under en och samma växtsäsong kan sätta fler än en uppsättning kottar (Owens 2006). Unga träd har i större utsträckning öppna kottar jämfört

med äldre träd även om det kan skilja stort mellan individuella träd (Mason 1915 citerad i Lotan 1975). Dålig kottproduktion kan vara ett resultat av bland annat dålig pollinering, då träden aborterar kotten om inte mer än 80 % av fröembryona pollineras (Owens 2006).

Stratifiering, det vill säga kylbehandling i en fuktig miljö, har visat sig kunna höja grobarheten och hastigheten på groningen av contortafrön (Fries 1981). Fries gjorde detta på 10 fröfraktioner från 2 olika kanadensiska provenienser lämpliga för odling i Sverige. Skillnaden i grobarheten mellan obehandlade och behandlade frön var olika stor beroende på groningstemperatur men var vid en groningstemperatur på 23 °C endast någon enstaka procentenhet.



Figur 1. Tioårig contorta med mogna kottar från ett bestånd i Sveg, Härjedalen.

## Spridning

Contorta har beskrivits som en art med invasiva karaktärer (Ledgard 2001). Invasiva arter har vissa utmärkande egenskaper; ofta återkommande år med mycket god fröproduktion, en kort period i det juvenila stadiet i utvecklingsprocessen samt frön med liten massa (Rejmánek & Richardson 1969). Växter som producerar små frön har visat sig ha större fröproduktion (Primack 1978; Kawano 1981), längre spridning (Vander Wall 2003), snabbare groning (Dunlap & Barnett 1983) och högre relativ tillväxthastighet på unga plantor (Walters et al. 1993) jämfört med växter som producerar stora frön. Contorta har både ett kort juvenilt stadium och förhållandevis små frön (Vander wall 2003; Owens 2006).

För att minska risken för oönskad spridning anges i skogsvårdslagstiftningen, föreskrift 2:28, att contortatall inte får användas närmare än en kilometer från naturreservat och nationalparker (Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd 2012). Detta är baserat på en försiktighetsprincip och det osäkra kunskapsläget om contortans spridningsförmågan (Skogsstyrelsen 2009).

För att beskriva kolonisationen av en art på olika avstånd från frökällan (bestånd) behövs kännedom om ett antal parametrar. Först och främst behövs information om spridningskurvan (Greene & Johnson 1996). För arter med vindspridda frön gäller generellt att frömängden faller snabbt med avstånd från frökällan. Detta samband bekräftas av studier gjorda på contorta i Sverige där ungefär 50 % av funna självspridda plantor hittas inom 15 meter från frökällan (Nyström 1988; Edin 2000; Sjödin 2012; Nemer Barbiche 2013). En annan viktig parameter är etableringsmiljön. Det finns studier som visar att etablering av frön från contorta gynnas av ett tunt eller obefintligt humuslager (Johnstone & Stuart Chapin 2006). Den sista parametern som behöver vara känd för att bedöma kolonisationsförmåga är mängden frön som sprids från frökällan. Det ska denna studie behandla.

Grundläggande reproduktionsbiologi, som är nödvändig för att studera spridning, finns inte beskrivet för contorta i Sverige. Information om kvantitativ fröproduktion i relation till beståndsalder är ett nödvändigt underlag för att bedöma contortans spridningspotentialen.

## Syfte och frågeställningar

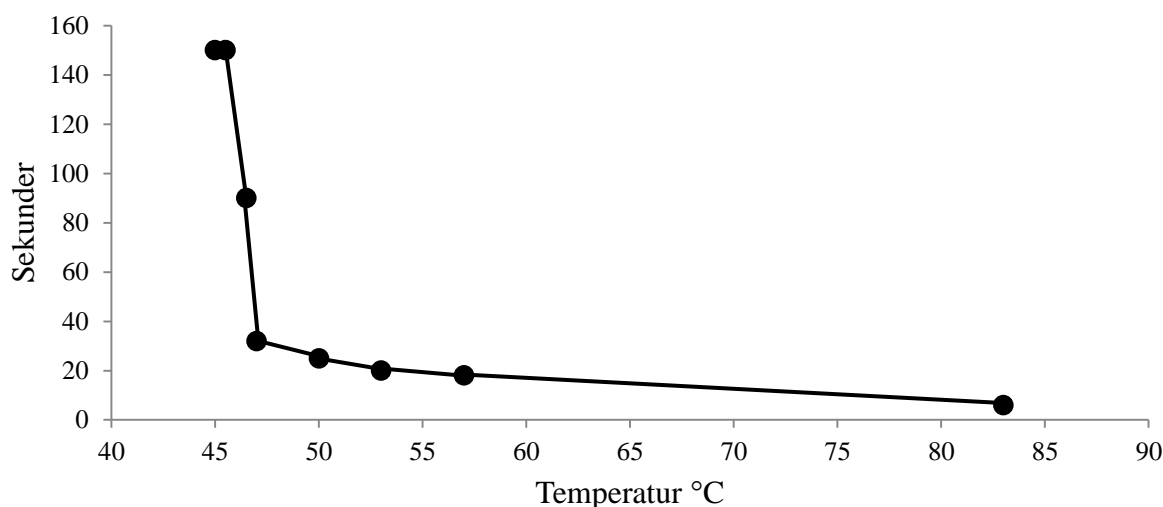
Syftet med denna studie är att beskriva en del av reproduktionsbiologin hos *Pinus contorta* ssp. *Latifolia* i Sverige. I studien undersöks ett antal relevanta frågeställningar för att kunna beskriva omfattningen av fröspridning från contortabestånd:

- Hur förändras frötillgången med trädens ålder?
- Hur förändras andelen slutna kottar med trädets ålder?
- Hur förändras frökvalitén/grobarheten i kottar som ej öppnat sig (serotina) med kottålder?
- Har trädets vitalitet någon inverkan på fröproduktion och kottkaraktärer?

## Material och metod

### Förberedande studier/orienterande studier

För att kunna bestämma en lämplig extraktionstemperatur för slutna kottar gjorde jag orienterande studier där slutna kottar sänktes ned i vatten med temperaturer mellan 45 – 83 °C. Kottarna bedömdes vara öppna när det knäppande ljud som uppstår när kottfjällen öppnas upphörde. Tiden till detta noterades. Antalet sekunder till dess att kottarna öppnar sig sjunker mycket snabbt vid temperaturer strax över 45 °C (figur 2).



Figur 2. Antal sekunder till dess att kottfjällen släppt från varandra vid nedsänkning i vatten med olika temperaturer.

Frön som exponeras för höga vattentemperaturer skulle eventuellt kunna ta skada av detta och för att undersöka detta så öppnades slutna kottar, i varierande åldrar, i olika extraktionstemperaturer och under olika lång exponeringstid. Kottarna klängdes sen och fröna sattes till groning för att se om de tagit skada av de olika behandlingarna (Appendix, tabell 1). Med resultat av detta kunde jag inte se något som tydde på att fröna tog skada ens när kottarna hade behandlats i vatten upphettat till 90 grader i 45 sekunder.

### Fältarbete

#### Val av bestånd

För att kunna studera variationen i kottsättning och fröproduktion vid varierande ålder inventerade jag 10 bestånd, av *Pinus contorta* ssp. *Latifolia*, i olika åldrar under perioden 22 juli – 4 augusti 2013 (tabell 1). Åldersspannet på de bestånd som inventerades var 10-43 år. Bestånden sorterades ut ur Holmen skogs beståndsregister från i huvudsak distrikt Delsbo. I det området fanns dock inga bestånd i åldrarna 10-19 år. Därför valde jag att inventera dessa i distrikt Sveg istället (figur 3).



Tabell 1. De inventerade bestånden med information från Holmens beståndsregister.

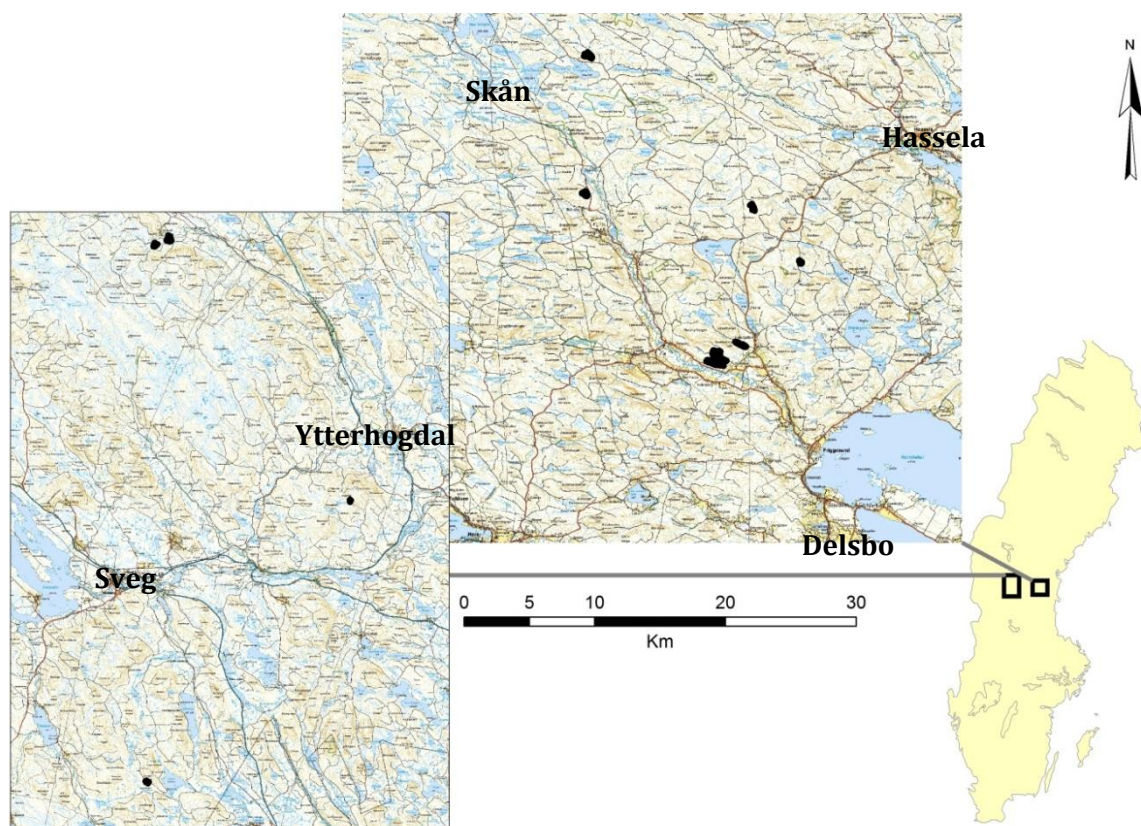
Bestånd	Ålder	Distrikt	SI	Medeldiameter (cm)	Medelhöjd (m)	H.ö.h	Procent contorta
1	10	Sveg	T23	2,9	2,2	550	100
2	13	Sveg	T23	7,9	5,1	500	83
3	17	Sveg	T23	6,8	5,1	400	100
4	19	Sveg	T23	8,3	6,6	430	72
5	20	Delsbo	T24	8,5	9,2	300	93
6	25	Delsbo	T24	14,4	12,6	370	100
7	30	Delsbo	G26	17,4 (18,2) <sup>1</sup>	13,3	340	100
8	35	Delsbo	T24	17,9 (19,1) <sup>1</sup>	16,6	360	100
9	40	Delsbo	T26	20,4 (22,0) <sup>1</sup>	20,0	130	90
10	43	Delsbo	T24	14,8 (13,3) <sup>1</sup>	13,0	200	90

SI = Ståndortsindex

H.ö.h = höjd över havet

<sup>1</sup> = medeldiametern av träden i *insamling 2*

Kriterierna för bestånden var att de skulle bestå av mer än 70 % contortatall, ha ett SI mellan G/T 22-26 och för yngningmetoden skulle vara plantering. Om beståndet var i ålder/utvecklingsstadium att genomgå gallring så valdes de objekten bort som redan hunnit gallras. Av de bestånd som återstod efter kriterierna valde jag slumpmässigt ut vilka av dem jag skulle inventera.



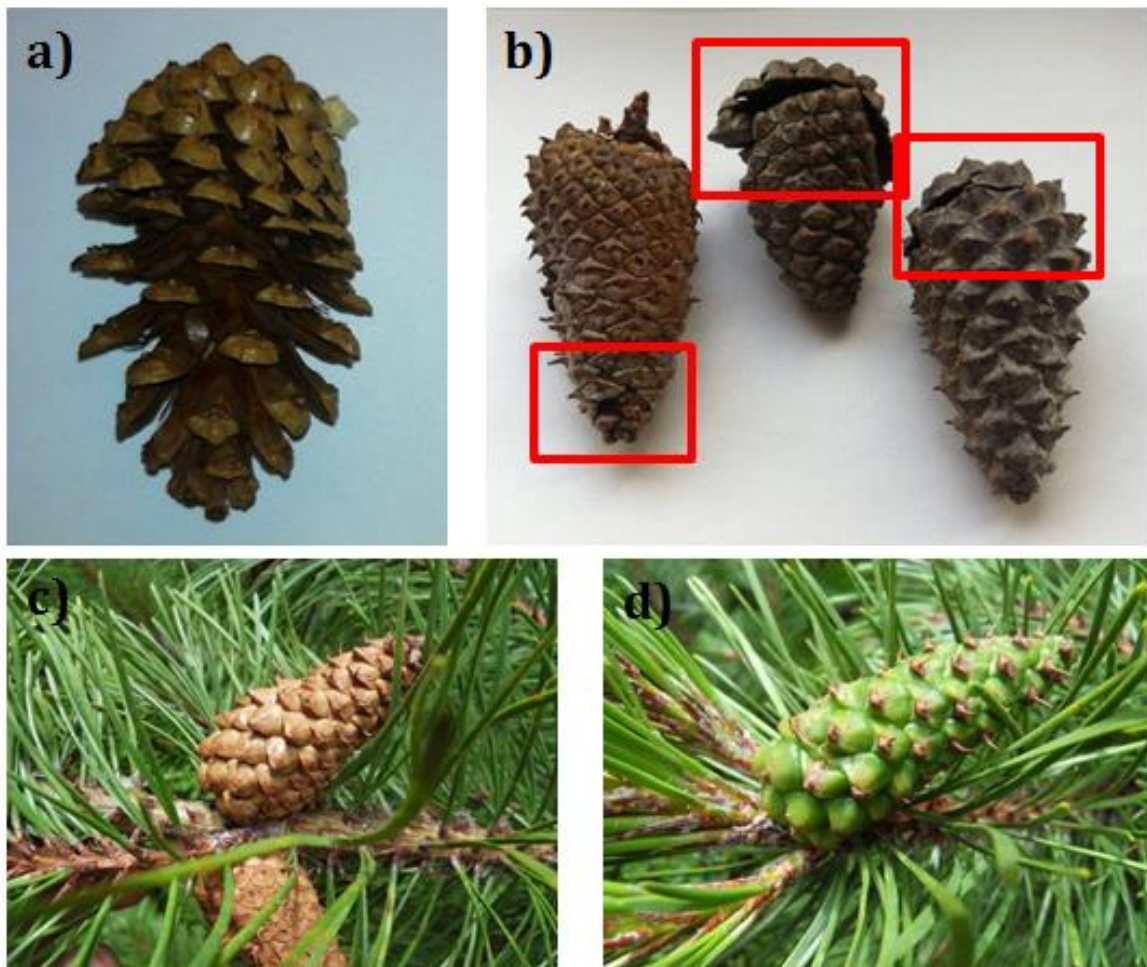
Figur 3. Inventeringsområden i distrikt Sveg (vänstra kartan) och distrikt Delsbo (högra kartan).

## Val av provträd

I varje bestånd inventerade jag 10 träd och dessa valdes ut genom att först placera ut två 50-meters transekter i representativa delar av beståndet, där det inte fanns några märkbara större beståndsskador eller defekter. Vid noteringarna 10, 20, 30, 40 och 50 meter valdes det träd som stod närmast markeringen. Provträden stod minst 50 meter från beståndskanten för att undvika eventuella kanteffekter på kottproduktionen.

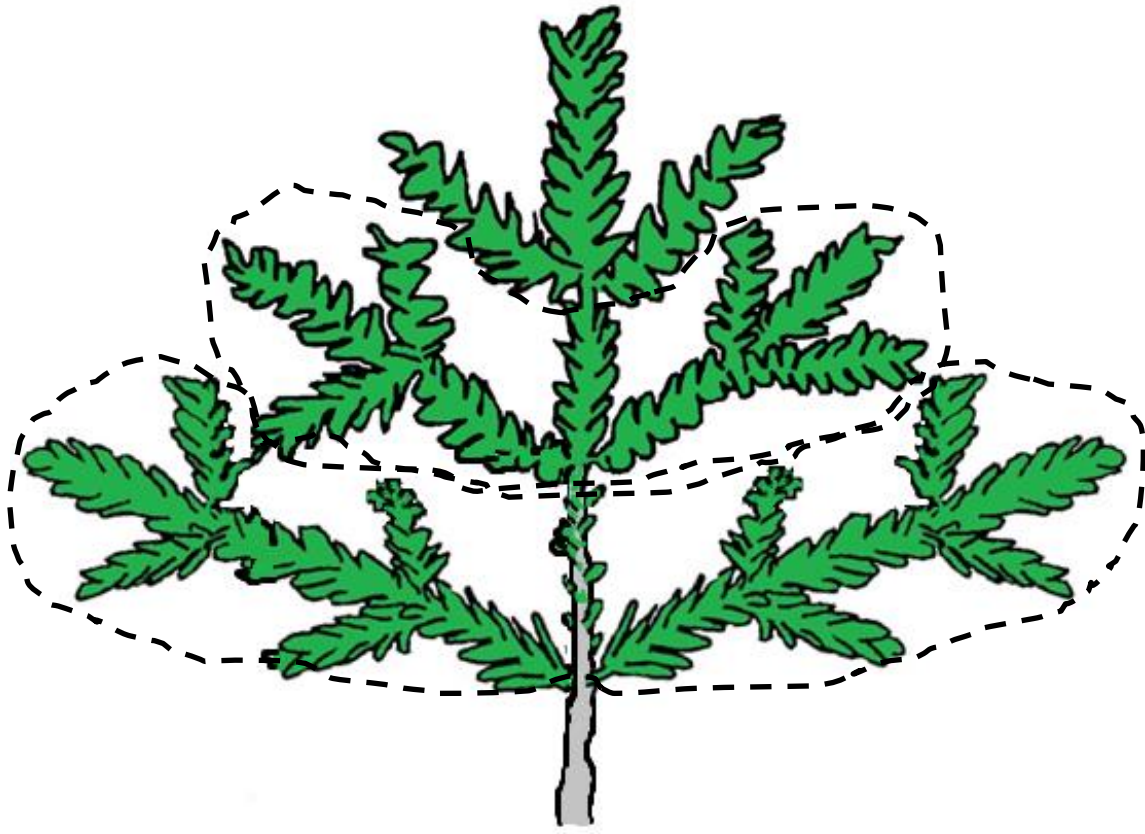
## Inventering

För varje trädindivid mätte jag höjd, brösthöjdsdiameter och grönkronegräns. Därefter fälldes trädet och grundytan mättes från det fällda trädets position. Detta gjordes med relaskop faktor 4 för att grundytan skulle viktas mot de träd som stod i den närmsta omgivningen. För de två yngsta bestånden kapades en trissa vid roten för varje träd och för resterande träd kapades en trissa i brösthöjd. För samtliga träd togs även kort på både stående och liggande träd (från rot och från sidan) och en GPS-punkt noterades. Jag utförde kotträkning och kottinsamling på alla träd men detta skedde på två olika sätt: *insamling 1* och *insamling 2*. Gemensamt för de båda insamlingarna var att kottarna först räknades och klassades in i kategorierna *öppna*, *halvöppna*, *slutna* och *årets*, innan de samlades in (figur 4).



Figur 4. Exempel på kottar från de fyra olika kategorierna: a) öppna, b) halvöppna, c) slutna och d) årets.

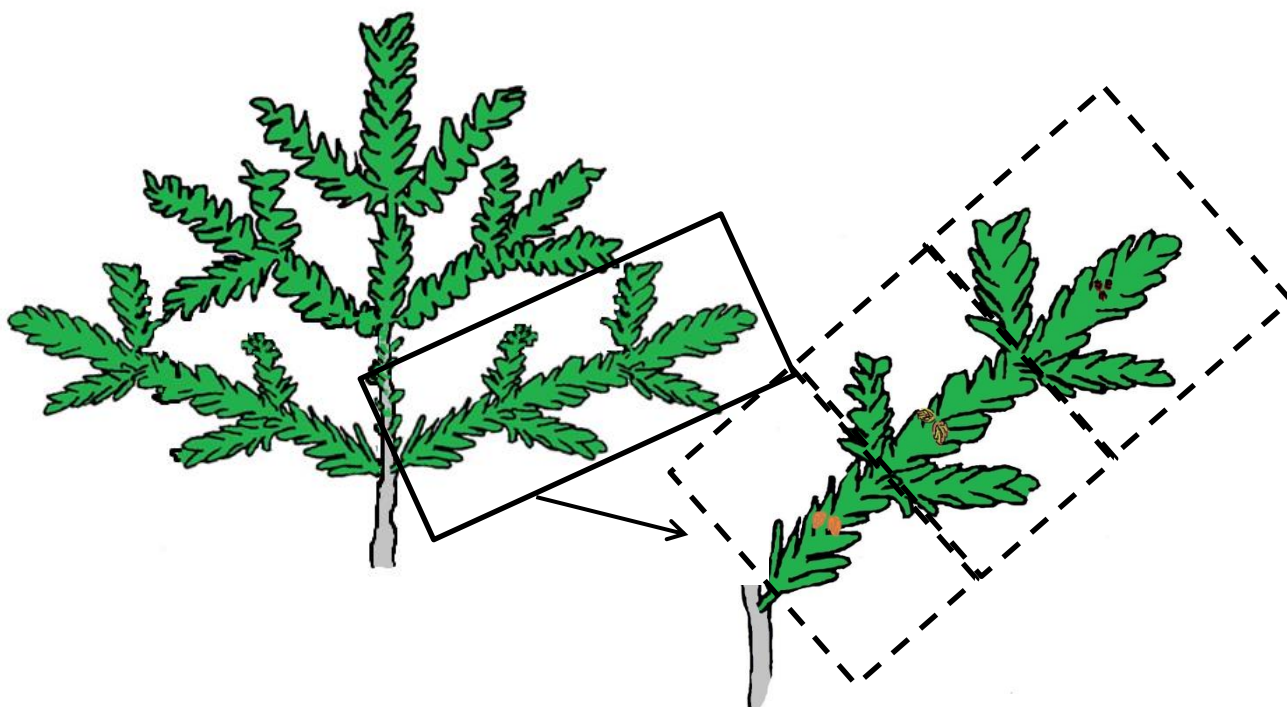
*Insamling 1* utfördes i alla bestånd och här räknades och kategoriserades kottar per grenvarv på stammen (figur 5). Detta gjordes för alla 10 provträd i de sex yngsta bestånden (bestånd 1-6) men bara för 7 provträd i de fyra äldsta bestånden. För alla provträd var målet också att samla in 20 slutna kottar i åldrarna 1-5 år.



Figur 5. Beskrivning av insamling 1. Kottarna räknades och kategoriserades på varje grenvarv på stammen.

På de resterande tre träden i vardera ett av de fyra äldsta bestånden gjordes en mer detaljerad positionsbestämning av kottarna; *insamling 2*. Dessa sammanlagt tolv träd valdes subjektivt ut på plats av de tio provträden i vardera bestånd utifrån vilka träd som såg ut att ha rikligt med kottar. På dessa träd räknades och kategoriserades kottarna på varje nytt årsled på grenarna (figur 6). Detta gjordes för att få en åldersfördelning av kottarna på provträden. Detta gjordes för en gren per grenvarv. På dessa träd samlade jag dessutom in slutna kottar i så många åldersklasser det gick att hitta. Kottarna räknades på en gren per grenvarv och för att kunna räkna på ett helt träd behövdes en faktor att multiplicera antalet kottar per gren med för att få ett helt grenvarv. Jag inventerade därför antalet grenar per grenvarv på 10 träd i ett contortabestånd i Piparböle, strax utanför Umeå, och fick genom ett medelvärde därifrån en faktor att multiplicera kottarna med. Bestånden numrerades från 1-10 (Appendix 1, tabell 2) och träden inom varje bestånd numrerades mellan 1-10.





Figur 6. Beskrivning av insamling 2. Kottarna räknades och kategoriserades på varje årsled på en gren per grenvarv.

## Behandling av insamlat material på labb

De insamlade trissorna fick torka i ett uteväxthus. För att lättare kunna utläsa årsringarna slipades sågytorna på trissorna beströks med zinksalva. Årtalet då mörken bildades räknades fram och vid svårighet att se årsringarna med blotta ögat användes en stereolupp (Wild M3). Alla trissor fotograferades var för sig med en tumstock som referens. Utifrån bilderna mättes den totala bredden på de fem näst yttersta årsringarna för att få ett mått på trädets vitalitet. Årets årsring utslöts då träden inte kapades under exakt samma period på året och årsringarna ännu var under tillväxt.

Kottarna som samlades in i *insamling 1* fotograferades för det individuella trädet med en linjal som referens. Dessa räknades sedan samt vägdes (PB3002 DeltaRange) tillsammans.

## Fröbehandling på labb

### Fröextraktion

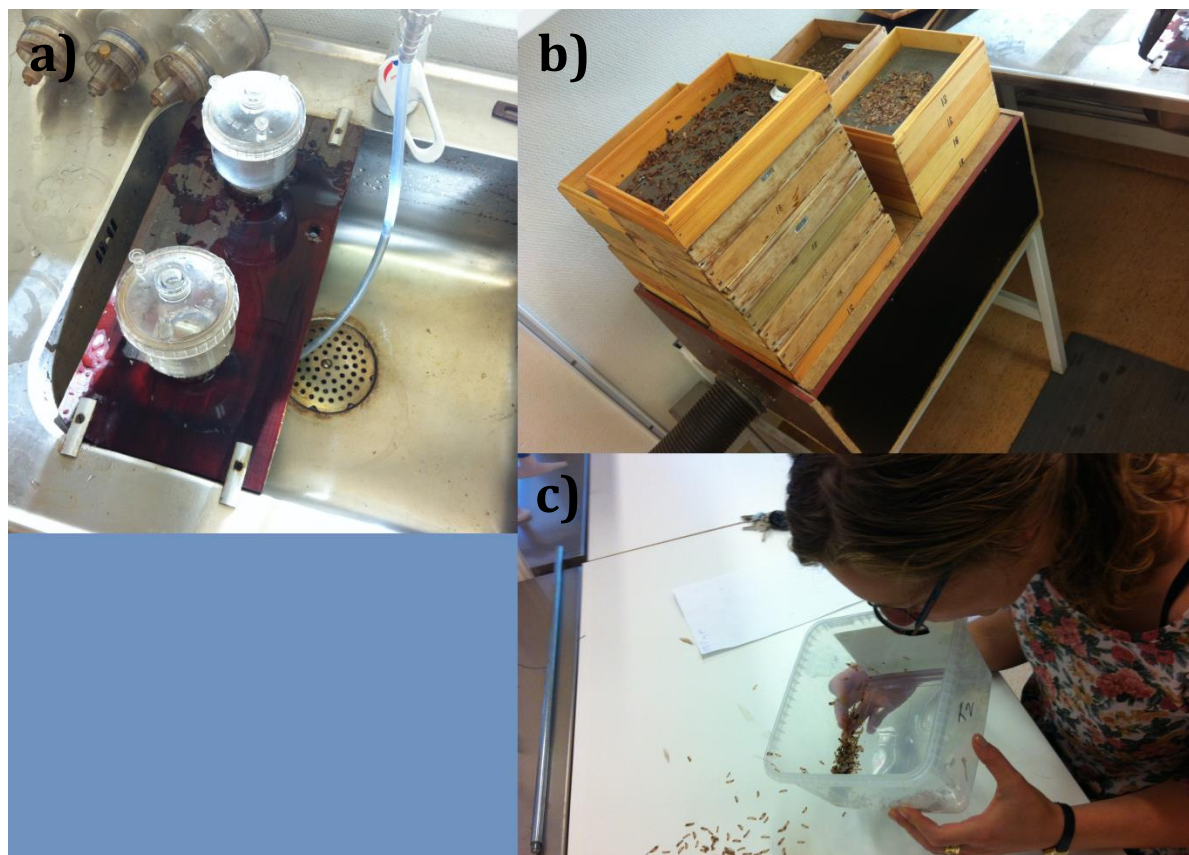
Proverna med kottar hölls separerade i nätpåsar. Dessa doppades i vatten med temperaturen 80 °C i 20 sekunder. Nätpåsarna placerades sedan i ett värmeskåp i 35 graders värme i ungefär ett dygn varefter kottarna hade öppnat sig helt. För att utvinna fröna ur kottarna efter torkning knackades de mot en bordsskiva alternativt ett galler i stål med tillräckligt stora hål

för att fröna skulle ramla igenom men inte kottarna. Kottarna skakades även i kluster i en plastbytta och pressades försiktigt i handen för att fjällen skulle spjälkas ut bättre.

### Avvingning, fröseparation och röntgen

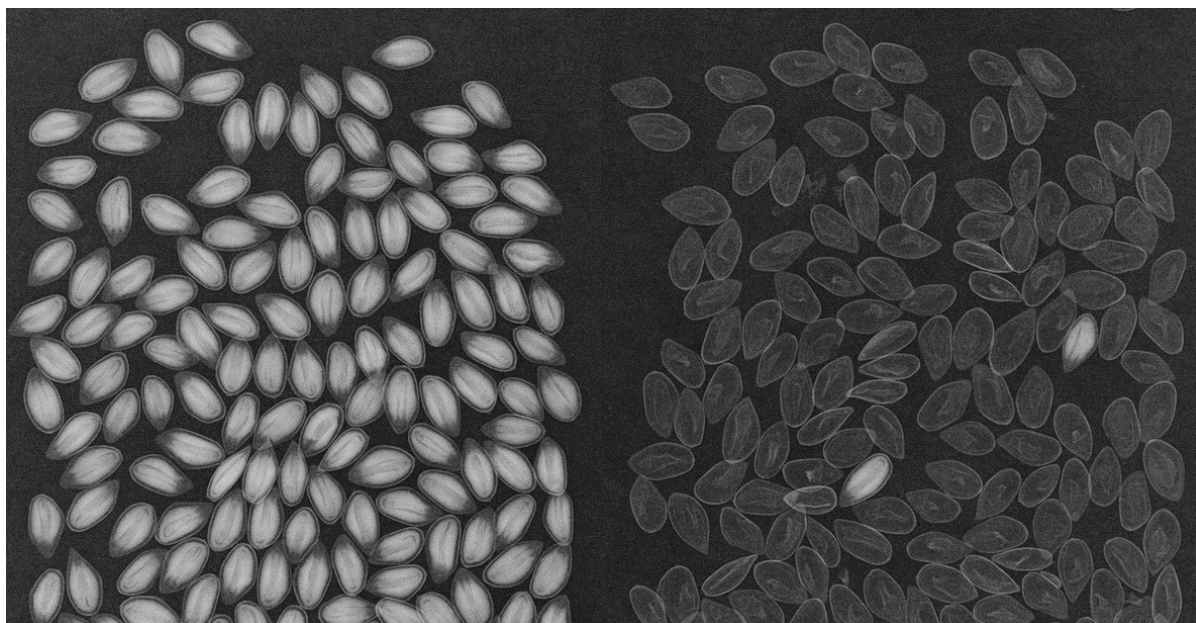
Avvingningen av fröna gjordes med endera av två olika metoder. Metod 1 innebar att fröna badades i kallt vattenbad och efter omrörning med plastpinne i ungefär 20 sekunder tippades de över i en sil för att sedan spridas ut på ett papper för torkning. Avvingningen enligt den andra metoden gjordes genom att placera fröna i en plastbehållare som tillfördes vatten via en ventil i locket (figur 7a). När vatten tillfördes bildades en vattenvirvel som fick fröna att virvla runt. Dessa stod sedan i den fuktiga miljön i 15-20 minuter innan de placerades på en nätbricka och lades ovan en luftsug för torkning i en timme (figur 7b). De avfallna vingarna separerades från fröna för hand och de lätta vingarna blåstes ut ur en plastlåda (figur 7c).

För att kunna utföra groningstest på endast matade frön separerades dessa från tomma frön med hjälp av en stigluftsrensare. Vinddraget reglerades utefter Skogforsks standarder och resultatet testades genom röntgen av fröna. Först sorterades alla frön i tre kategorier: *matade*, *halvmatade* och *tomma*. Efter detta separerades de frön som klassats som *matade* två gånger till för att undvika att den kategorin innehöll tomma frön. Även de frön som klassades som *halvmatade* separerades en gång till. De frön som hamnade i kategorierna *tomma* och *halvmatade* slogs sedan ihop till kategorin *tomma*.



Figur 7. a) Plastbehållare för att väta fröna och separera dessa från frövingarna. b) Nätbricka där fröna placerades för att torka över en luftsug. c) De avfallna vingarna separerades från fröna bland annat genom att blåsa dessa ur en plastlåda.

För att undersöka hur väl separationen fungerat och för att kunna se embryoutvecklingen röntgades alla frön (figur 8). Detta gjordes i en Faxitron x-ray specimen radiography system kopplad till en scanner (FCR Capsula). Alla frön röntgades med 15 kV styrka i 16 sekunder. De matade fröna räknades sedan i en contador från Pfeuffer, för hand eller med hjälp av röntgenbilderna. De tomma fröna räknades på röntgenbilderna.



Figur 8. Röntgenbild efter sortering av matade (till vänster) och tomma frön (till höger). Här syns två matade frön som hamnat bland de tomma.

## Grobarhetstest

Fröna grodde jag i 5 cm petriskålar fyllda med fuktad bomull vilka placerades på en labb-bänk. Petriskålarna var utrustade med ventilationsribbor i locket vilket innebar att tillförsel av vatten var nödvändig under groningstiden. Groningen gjordes i dagsljus med dygnsvariation i temperatur mellan 19,8 – 24,3 °C. Temperaturen mättes med en logger (Tinytag plus 2). Medeltemperaturen under groningsperioden låg på 21,0 °C. Det är i närheten av den temperatur (23 °C) som gav högst andel grodda frön efter 21 dygn (Fries 1981).

### *Grobarhetstest insamling 1*

Omfattningen av grobarhetstestet på *insamling 1* var prov från 40 trädindivider. Från varje provträd var målet att få 20 slumpmässigt utvalda kottar i åldrarna 1-5 år. Grobarhetstestet gjordes på 100 frön/trädindivid uppdelat på två petriskålar (märkta A och B) med 50 frön i varje. Där antalet matade frön per prov var färre än 100 groddes så många som det fanns tillgång till för groning. Groningen utfördes under 73 dagar mellan datumen 23/9 och 5/12. Groddarna togs bort efterhand sedan rotanlaget nått mer än halva fröets längd. Den 21/10 sattes burk B till kall-våt-behandling (stratifiering). Petriskålarna fuktades och sattes i kylskåp med temperaturen 5,2 °C i 22 dagar. Dessutom togs några nya omgångar frön till kall-våt-behandling för att kunna se om det var skillnad i groning mellan de som gick direkt in i kall-våt-behandling och de som först hade lagts till groning innan de stratifierades. Fem

trädindivider valdes ut som grott dåligt och där jag kunde misstänka att de skulle gynnas av stratifiering.

### *Grobarhetstest insamling 2*

Kottarna vägdes först för varje provträd och åldersklass. Kottar som var av samma ålder slogs sedan samman för träden i bestånd 7 och 8 och samma sak gjorde jag för bestånd 9 och 10. Åldersklasserna hölls separerade, för att analysera hur grobarheten förändras med kottålder, men som exempel så innehöll åldersklassen 3-åriga kottar material från träd i både bestånd 7 och 8. Detta gjordes för att minska mängden material att hantera. De kottar som visade sig vara öppna till någon grad placerades i två kategorier: *mycket lite öppnade* och *25-50% öppnade* detta oberoende av ålder på kottarna. De kottar som samlats i kategorin *mycket lite öppnade* doppades i 70 gradigt vatten i 30 sekunder. Kottarna i kategorin *25-50 % öppnade* doppades i 70 gradigt vatten i 25 sekunder. Alla kottarna torkades sedan i torkskåp i ca 35 grader. Dessa sattes sedan till groning med en burk á 50 frön per prov.

För att i *insamling 2* undersöka hur grobarheten varierade mellan individuella kottar av samma ålder inom samma träd jämförde jag träden 9:4 och 8:7. Detta gjorde jag för två ålderskategorier: 2 år och 9 år. Där separerades alla kottar och deras frön groddes var för sig: fem kottar för vardera ålder.

### Statistiska analyser

För att testa samband mellan olika parametrar gjordes linjära regressioner i Minitab 16 statistical software. Tröskelvärde för statistisk signifikans sattes till  $p\text{-värde} = 0,05$ .

Vid beräkning av hur andelen slutna, öppna och halvöppna kottar förändrades med beståndsålder togs årets kottar bort ur den totala eftersom de inte avslöjat om de är öppna eller inte än. De träd som inte hade några kottar räknades inte heller med.

Grobarhetsskillnaden analyserades mellan stratifierade och ostratifierade frön från *insamling 1* efter att groningstesten pågått 45 dagar (de 22 dagarna av kall-våt-behandlingen är ej medräknade). För att testa om det var någon skillnad på hur olika bestånd svarade på behandlingen gjordes ett chi-square goodness-of-fit-test i Minitab 16 statistical software.

För att få ett mått på hastigheten för groningen av frön beräknades hur många dagar det tog för respektive fröparti att nå 50 % av den slutliga groningsprocenten, med hjälp av den kumulativa groningskurvan för varje prov.

Den löpande fröproduktionen över tid för de fyra äldsta bestånden beräknade jag genom att sammanställa hur många slutna, halvöppna och öppna kottar som producerats årligen tillbaka i tiden så långt jag hade data från och med 2012 (kottarna som mognade 2013 hade ännu inte avslöjat om de är öppna eller slutna). Antal kottar i kategorierna slutna och halvöppna slogs samman. Jag bildade ett medelträd för varje bestånd av de tre träden jag inventerat per bestånd. Antalet kottar räknades på en gren per grenvarv var efter jag multiplicerade antalet med den faktor jag fick från inventeringen i Piparböle, för att få antalet kottar på ett grenvarv.



Antalet frön och andel matade frön per kotte fick jag från medelvärden av fröinnehållet i de kottar jag samlat in i *insamling 1*. Grobarheten för frön av olika åldrar gavs genom sambandet för grobarhetens förändring med kottålder:

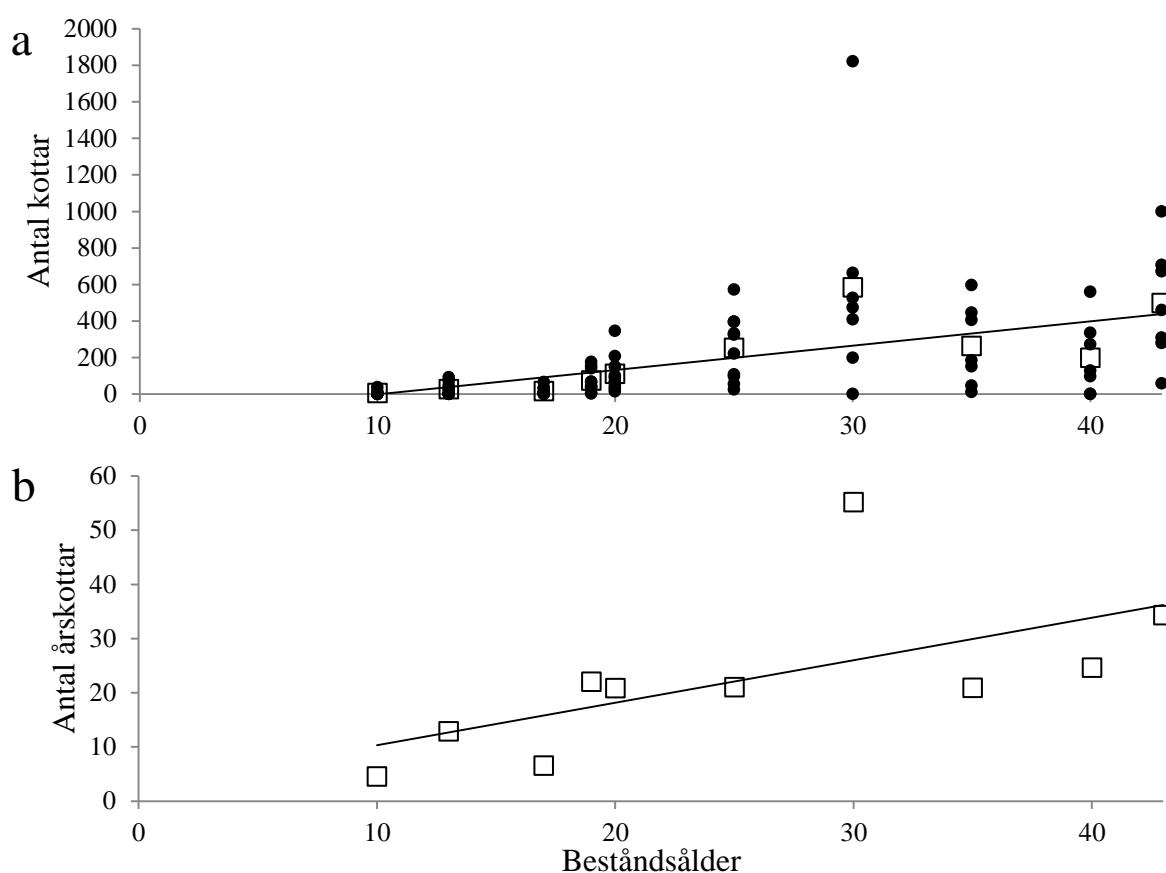
$$\text{Ekvation 1.} \quad \text{Grobarhet (andel)} = (-0,0414 * \text{kottålder}) + 0,9098$$

Grobarheten för frön som spreds årligen via de öppna kottarna beräknades enligt ekvation 1 och vid kottålder 1. För de frön som ackumulerats i de slutna kottarna räknade jag grobarheten som sjunkande från år 1 och bakåt så många år jag hade data för träden. Resultatet multiplicerade jag sedan med antal stammar per hektar enligt uppgifter från beståndsregistret, för att få mängd frön per hektar.

## Resultat

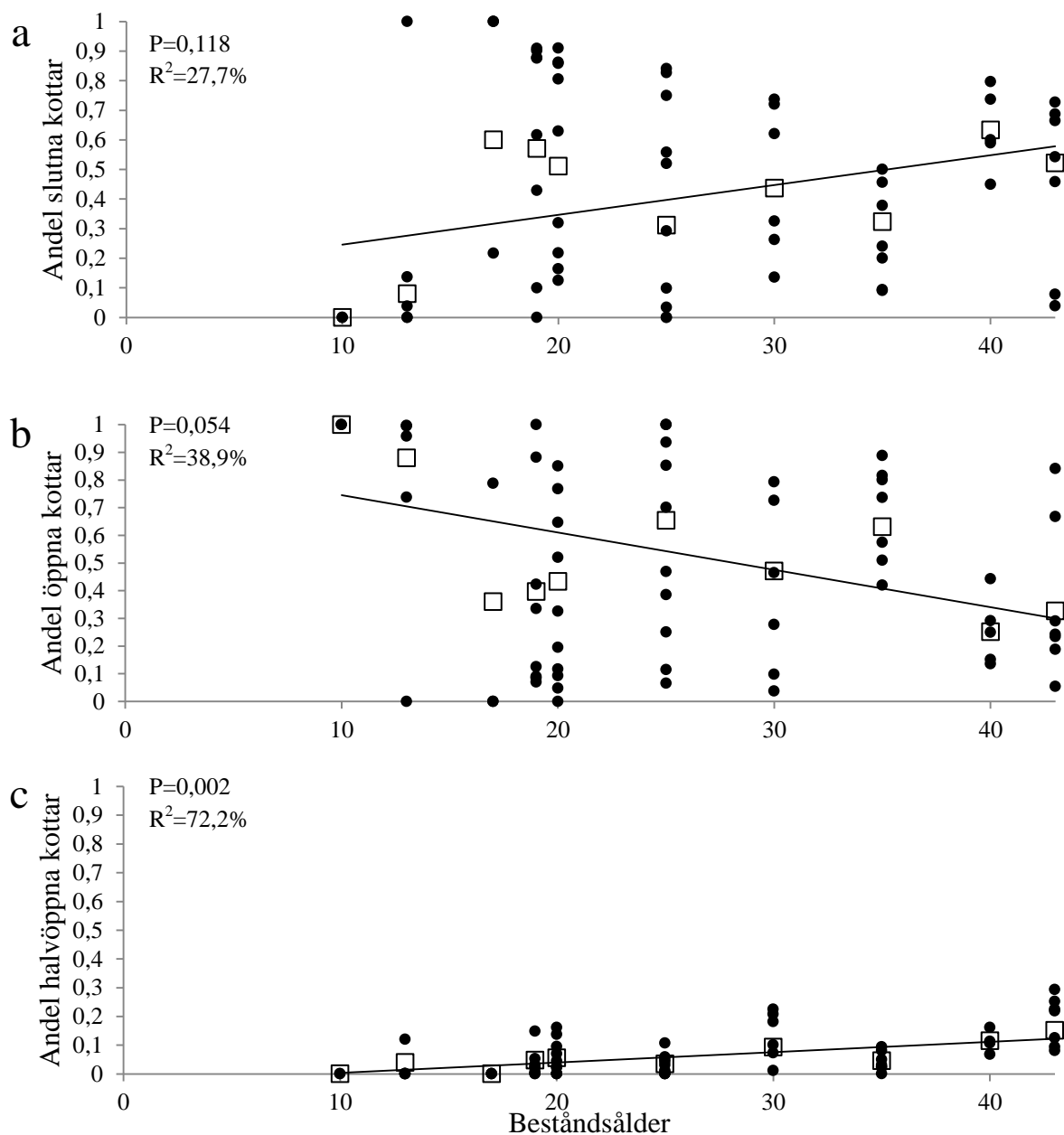
### Kottproduktion och kottkaraktärer i relation till beståndsålder

Antal kottar per träd visar en signifikant ökning med beståndsålder (figur 9a). En linjär regression ger ett signifikant korrelerat resultat mellan medelvärden för antal kottar. I alla bestånd var dock skillnaderna mellan provträd mycket stor och varierade i de äldre bestånden mellan nära noll och flera hundra kottar per träd. Mängden kottar i åldrarna 25-43 år uppvisar relativt liten skillnad i jämförelse med varandra. Medelvärdet för nyproduktionen av kottar (de kottar som mognade 2013) ökar med beståndsålder men sambandet är inte signifikant (figur 9b).



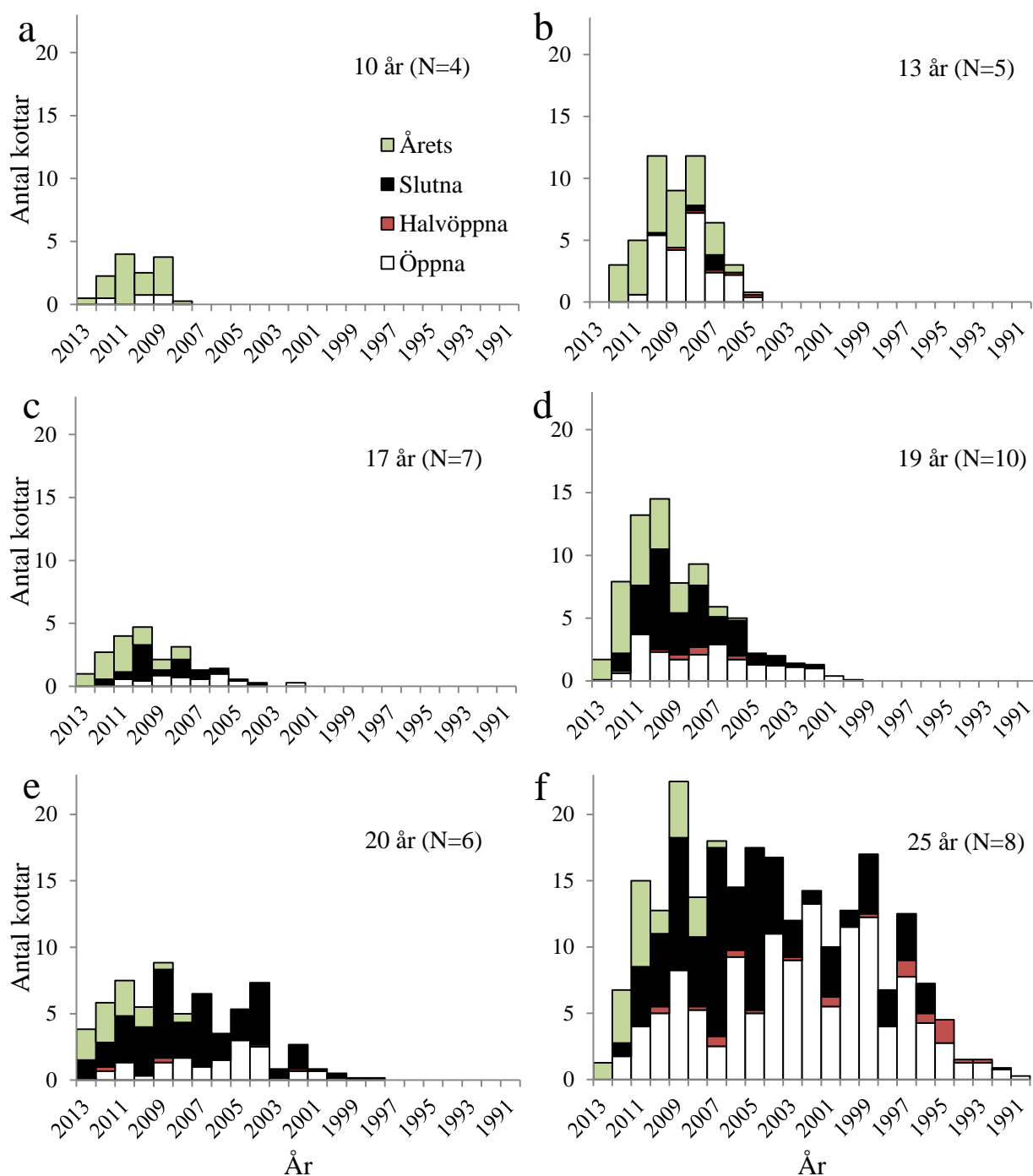
Figur 9. a) Sambandet mellan beståndsålder och antal kottar per träd. De mörka punkterna visar de enskilda träden ( $P=0,000$ ;  $R^2=26,8\%$ ) och de öppna kvadraterna visar medelvärde för vardera beståndsålder ( $P=0,008$ ;  $R^2=56,1\%$ ). b) Sambandet mellan beståndsålder och antal årskottar ( $P=0,058$ ;  $R^2=38,0\%$ ).

Sambandet mellan andel slutna kottar och beståndets ålder är positivt (figur 10a). Ju högre ålder desto större andel slutna kottar men variationen inom bestånden är dock stor och kan variera från andel 0 till 1. Relationen mellan andel öppna kottar är i motsats negativt men även här är variationen inom bestånden stor (figur 10b). Dessa samband är inte signifikanta utan visar på trender i materialet. Andelen halvöppna kottar är den enda av de tre kategorierna som är signifikant korrelerad med beståndsåldern (figur 10c). Ju äldre bestånd desto större andel halvöppna kottar.



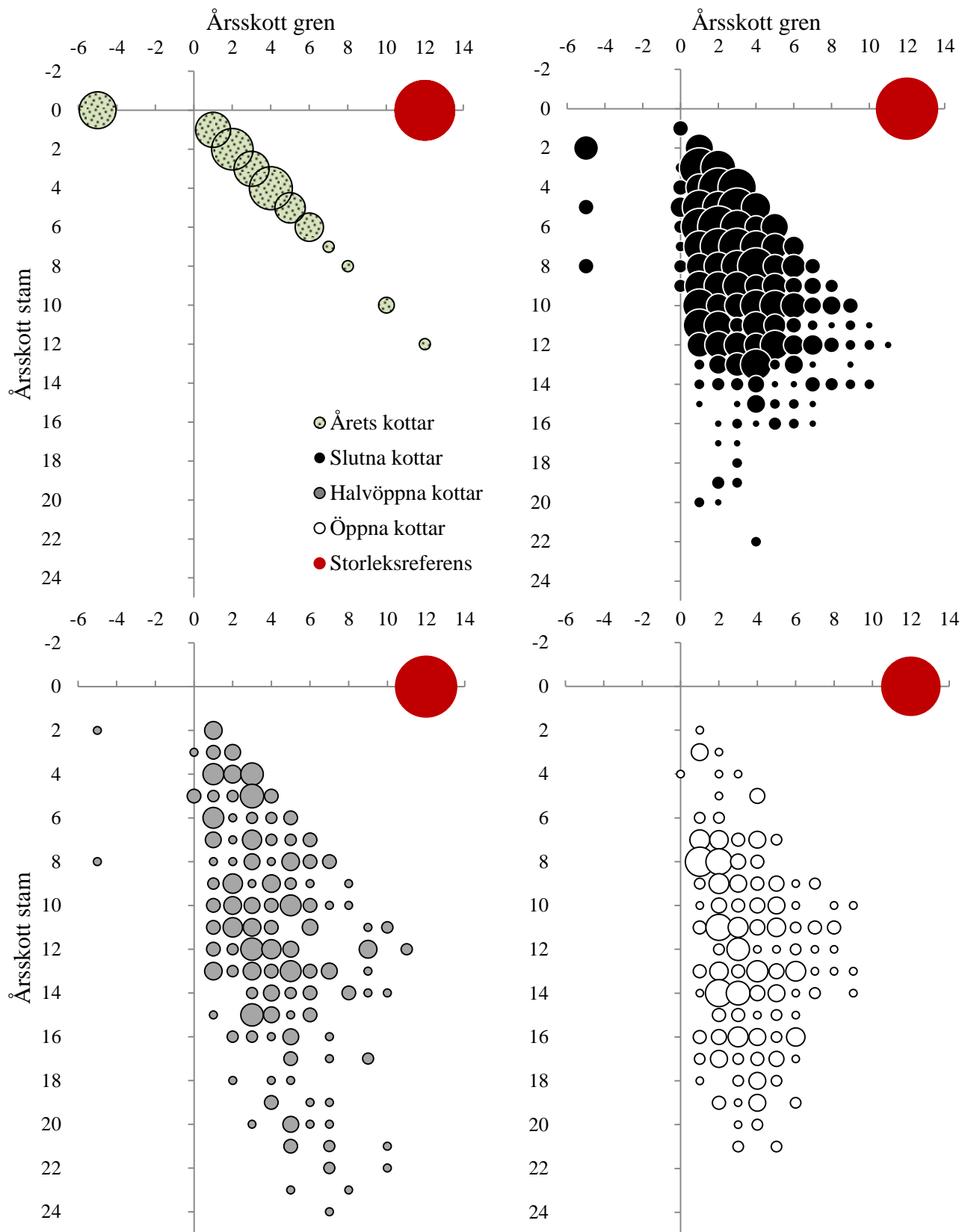
Figur 10. a) Andelen slutna kottar i relation till beståndsålder. b) Andelen öppna kottar och deras variation med beståndsålder. c) Andelen halvöppna kottar och dess variation med beståndsålder. De svarta punkterna är individuella träd och de öppna kvadraterna är medelvärdet för vardera beståndsålder. P-värdet och r-square-värdet är för medelvärdena.

Fördelningen av kottar per grenvarv ges för de sex yngsta bestånden i inventeringen (figur 11). I det 10 år gamla beståndet är större delen av kottarna de som mognat 2013 och vid inventeringen ännu inte avslöjat om det är öppna eller slutna. I detta bestånd hittades inte en enda sluten kotte, endast *årets* och *öppna*. Träden i beståndet vars ålder är 13 år visar på liknande mönster som figur 10a men har en jämnare fördelning av nyproducerade och äldre kottar. I detta bestånd hittade jag även några slutna kottar. Från och med att beståndet är 17 år bildas stor andel slutna kottar och andelen fortsätter att vara stor till beståndet som är 25 år gammalt. I främst de tre äldre bestånden finns även en liten mängd halvöppna kottar.



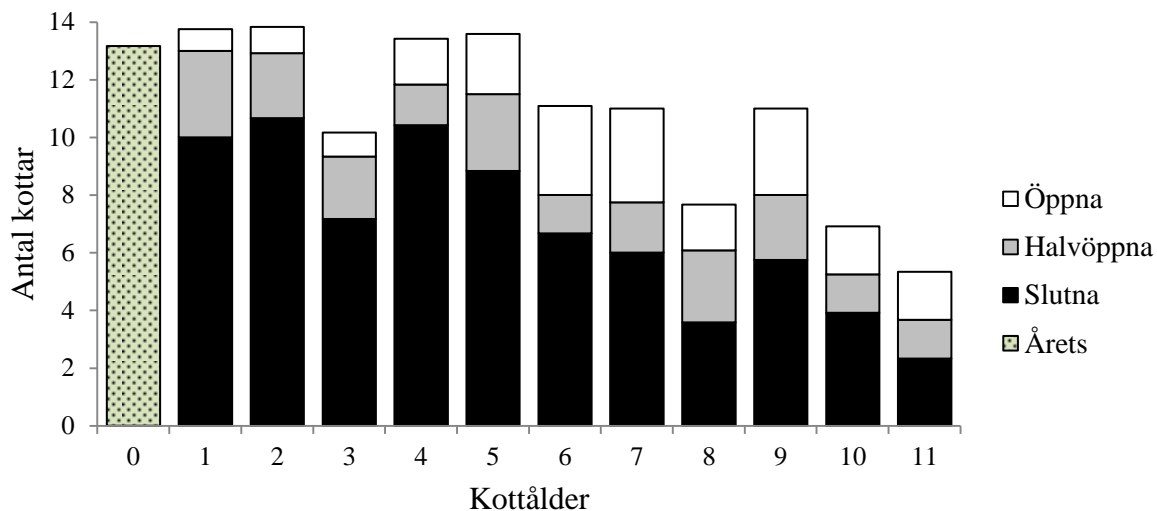
Figur 11. Antal kottar per grenvarv uppdelat på kottkaraktärer i de sex yngsta bestånden.

Den detaljerade åldersbestämningen som gjordes på 12 träd i de äldsta bestånden ger en tydlig bild av dynamiken över tiden (figur 12). Årets kottar produceras endast på trädets toppskott och på grenarna en bit längre ned på trädet. Nyproduktionen är relativt riklig ned till grenvarv 6 ca 3 meter nedanför trädets topp och därefter minskar den kraftigt. Andelen slutna kottar fördelar sig förhållandevis jämn längs med grenarna och ned på stammen till Y=12. En relativt stor andel av de kottar som sitter på stammen det vill säga som en gång bildats på toppskottet är slutna kottar.



Figur 12. Fördelningen av kottar i de olika kategorierna *öppna*, *halvöppna*, *slutna* och *årets* på olika positioner i trädet. Storleken på bubblan, i förhållande till de andra inom samma graf, visar antalet kottar på den positionen i trädet. Storleksreferensen representerar 5 kottar. Illustrationen är gjord för en gren per grenvarv och motsvarar alltså inte den totala kottproduktionen.  $X=-5$  är stammen och  $X=0$  är kottar som bildades samma år som de på stammen. Y-axeln representerar skott ut på grenen. Fördelningen är baserad på kottarna från *insamling 2* och är ett medelvärde av dessa tolv träd.

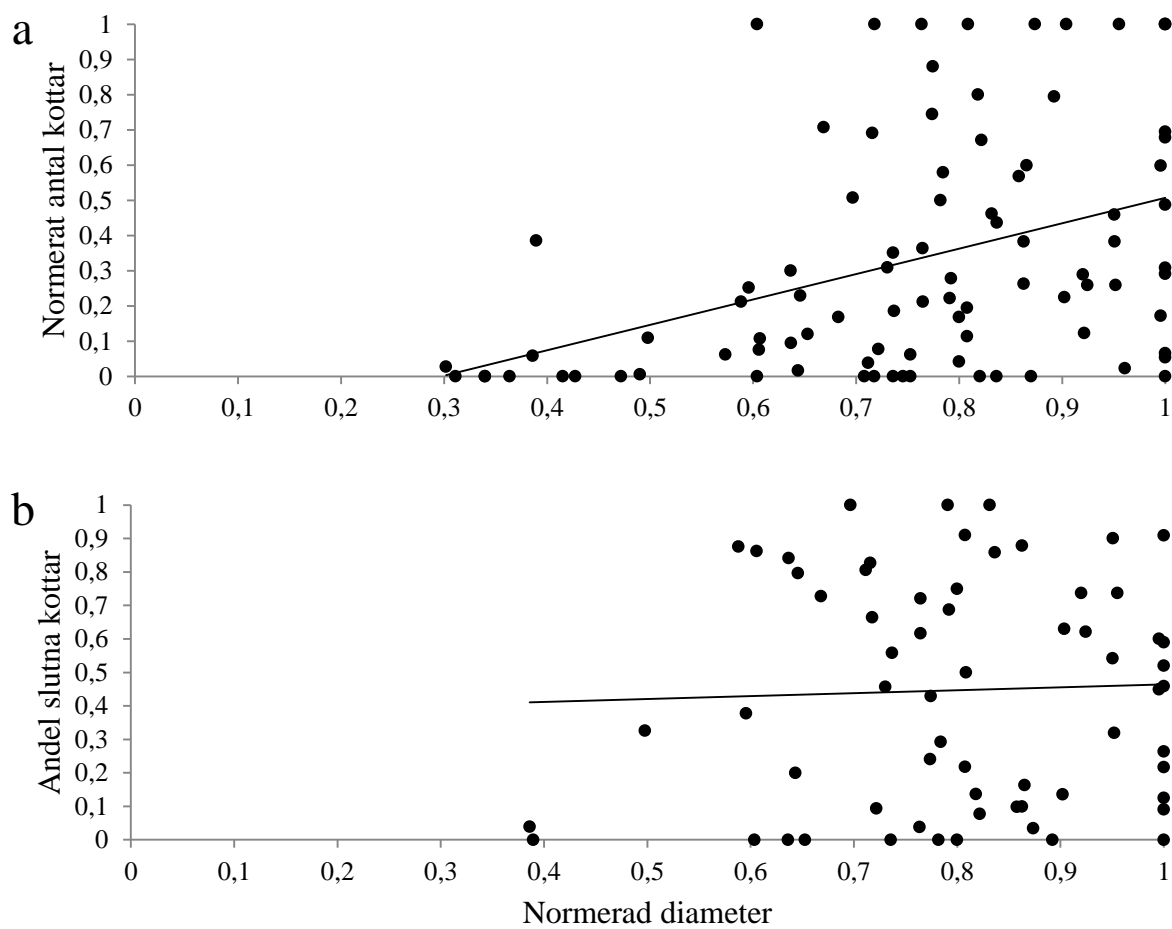
Summerat över alla tolv träd från *insamling 2* var antal kottar per årsklass relativt stabilt för de senaste sex åren men sjunkande vid högre åldrar (figur 13). Antalet 3-åriga kottar, det vill säga de som mognade år 2010 (blomning år 2009), var dock påfallande lågt. Andelen slutna kottar är något högre de första fem åren men den andelen sjunker sedan när andelen öppna kottar ökar.



Figur 13. Antalet årets, slutna, halvöppna och öppna kottar i relation till kottålder från *insamling 2* som ett medel baserat på alla tolv träd. Den beräkning är gjord på en gren per grenvarv och motsvarar inte hela kottproduktionen utan relationen mellan åren.

### Kottproduktion i relation till trädens vitalitet

Antal kottar var signifikant korrelerat med den normerade diametern (figur 14a). Antalet kottar ökar ju grövre trädet är i jämförelse med resterande träd i beståndet men sambandet förklarar bara en mycket liten del av variationen i kottantal. Det var däremot inget signifikant samband mellan den normerade diametern och andelen slutna kottar (figur 14b).

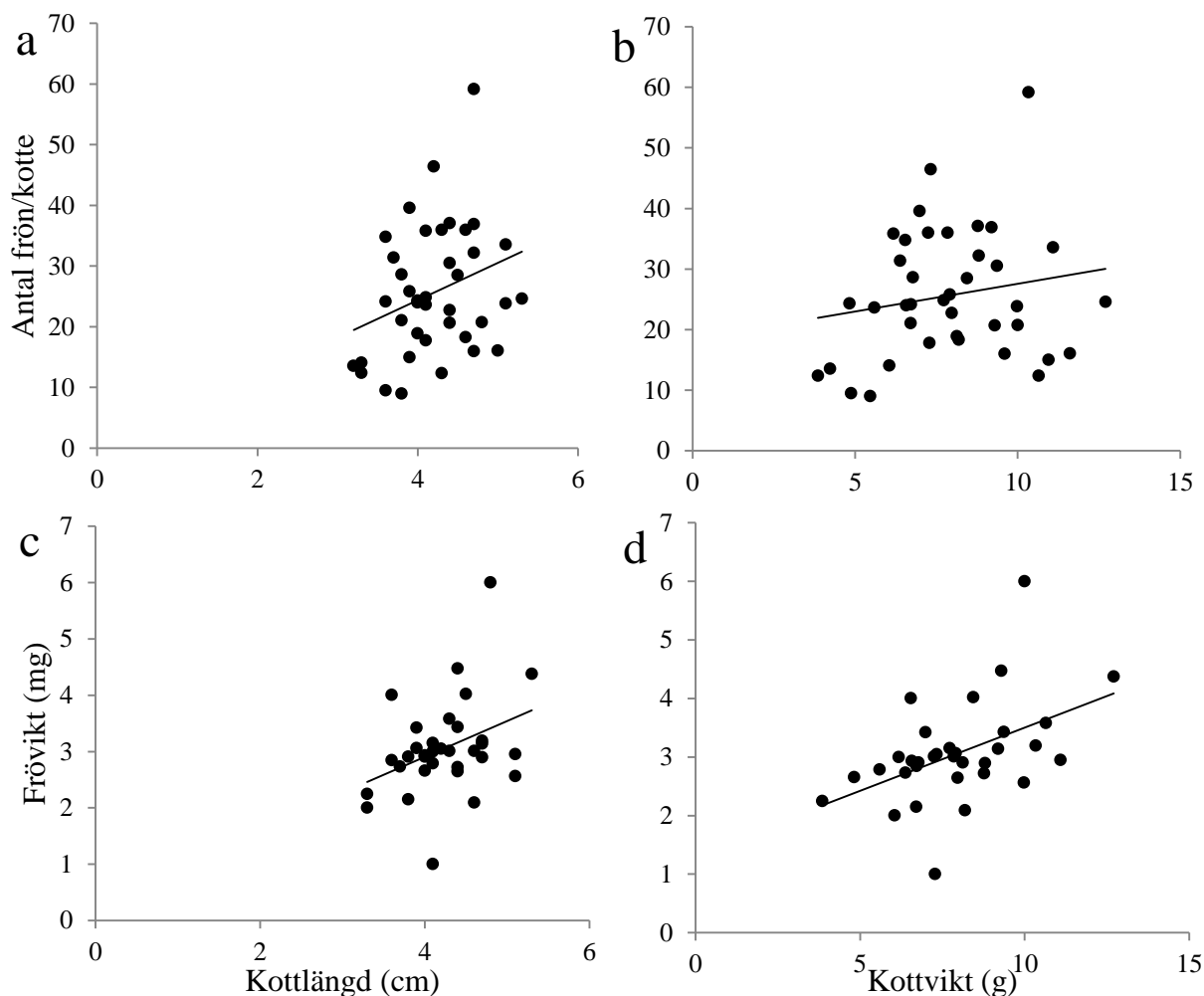


Figur 14. a) Sambandet mellan normerat antal kottar och normerad diameter för alla träd i insamling 1.  $P=0,000$ ;  $R^2=16,5\%$ .  $N=90$ . b) Relationen mellan andel slutna kottar och deras korrelation med normerad diameter.  $P=0,763$ ;  $R^2=0,1\%$ . Endast de träd med 10 kottar eller mer är medräknade.  $N=65$

## Frömängd och grobarhet

Antal frön per kotte var inte signifikant korrelerat med kottlängden och inte heller med kottvikten (figur 15a och b). Jag testade även om andra parametrar var signifikant korrelerade med dessa. Grobarheten ( $P=0,615$ ;  $R^2=0,7\%$ ), andel matade frön ( $P=0,852$ ;  $R^2=0,1\%$ ) och antal dagar till 50 % grobarhet ( $P=0,838$ ;  $R^2=0,1\%$ ) visade ingen signifikant korrelation. Frövikten (vikt per matat frö) har dock ett signifikant positivt samband med kottens vikt och dess längd (figur 15c och d). Vikten på frön visade däremot inget samband med andel matade frön eller grobarhet. Antalet frön per kotte var i medeltal för kottarna i *insamling 1* 26 stycken.

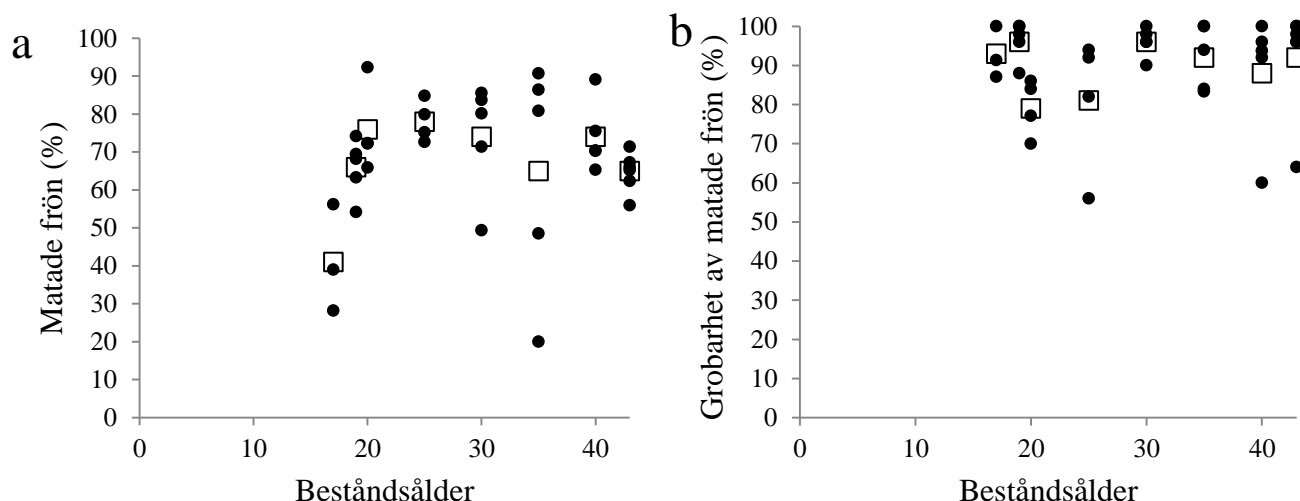




Figur 15. Samband mellan antal frön i kottarna och a) kottens längd ( $P = 0,064$ ;  $R^2 = 8,9 \%$ ) och b) vikt ( $P = 0,271$ ;  $R^2 = 3,3 \%$ ) som medelvärden för kottar inom individuella träd. Frökviktens korrelation med c) kottens längd ( $P = 0,037$ ;  $R^2 = 13,3 \%$ ) och d) kottens vikt ( $P = 0,006$ ;  $R^2 = 22,2\%$ ). Medelvärdena är baserade på mellan 1 och 23 kottar.

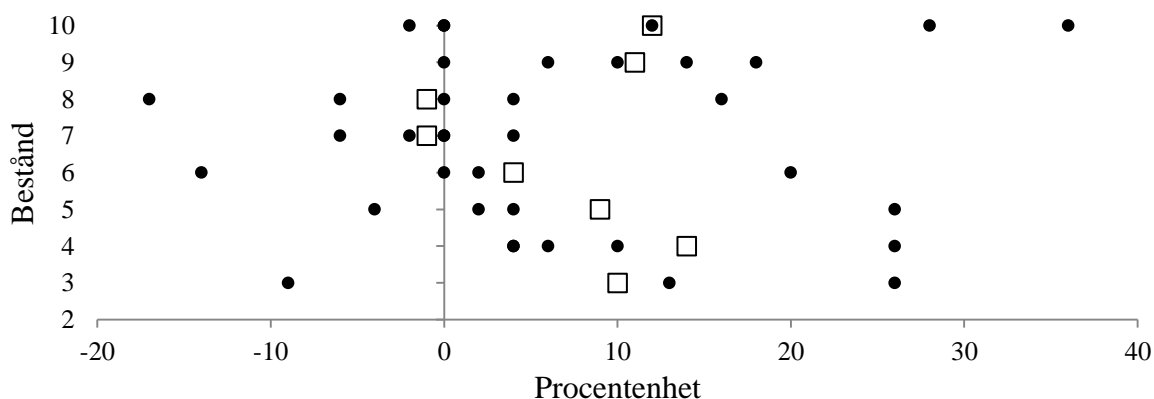
Andel matade frön varierade stort inom bestånden (figur 16a). Medelvärdet för andel matade frön av alla kottar i *insamling 1* var 67 %. Det fanns ingen trend i relationen mellan andel matade frön och beståndsålder och inte heller mellan grobarhet och stigande beståndsålder. Grobarheten för matade frön var generellt hög och med relativt liten variation mellan träd inom bestånd (figur 16b). Medelvärdet för grobarheten för de stratifierade fröna uppdelat på beståndsålder varierade mellan 78 % - 96 %. Grobarheten hade heller ingen signifikant relation till andelen matade frön ( $P=0,565$   $R^2=0,9 \%$ ). Grobarheten var i medeltal för samtliga matade frön 91 %. För de kottar som var något öppnade (1-25 %) var grobarheten 70 % och för de kottar som bedömdes som 25-50 % öppna var grobarheten 84 %.

Frön från vissa träd visade sig reagera positivt på den stratifiering (kall-våt-behandling) som jag utsatte dem för. Av de stratifierade proverna från individuella träd hade 62,5 % en högre grobarhet än de prover som inte genomgått stratifiering (figur 17).



Figur 16. a) Procent matade frön av totala i relation till beståndsålder. b) Grobarhet, i procent, av matade frön i åldrarna 1-5 år uppdelat på beståndsålder. Kvadraterna är medelvärden av de svarta punkterna, som är individuella träd, för varje beståndsålder. Resultaten för de individuella träden är baserade på mellan 1 – 24 kottar men endast en individ har mindre än 5 kottar.

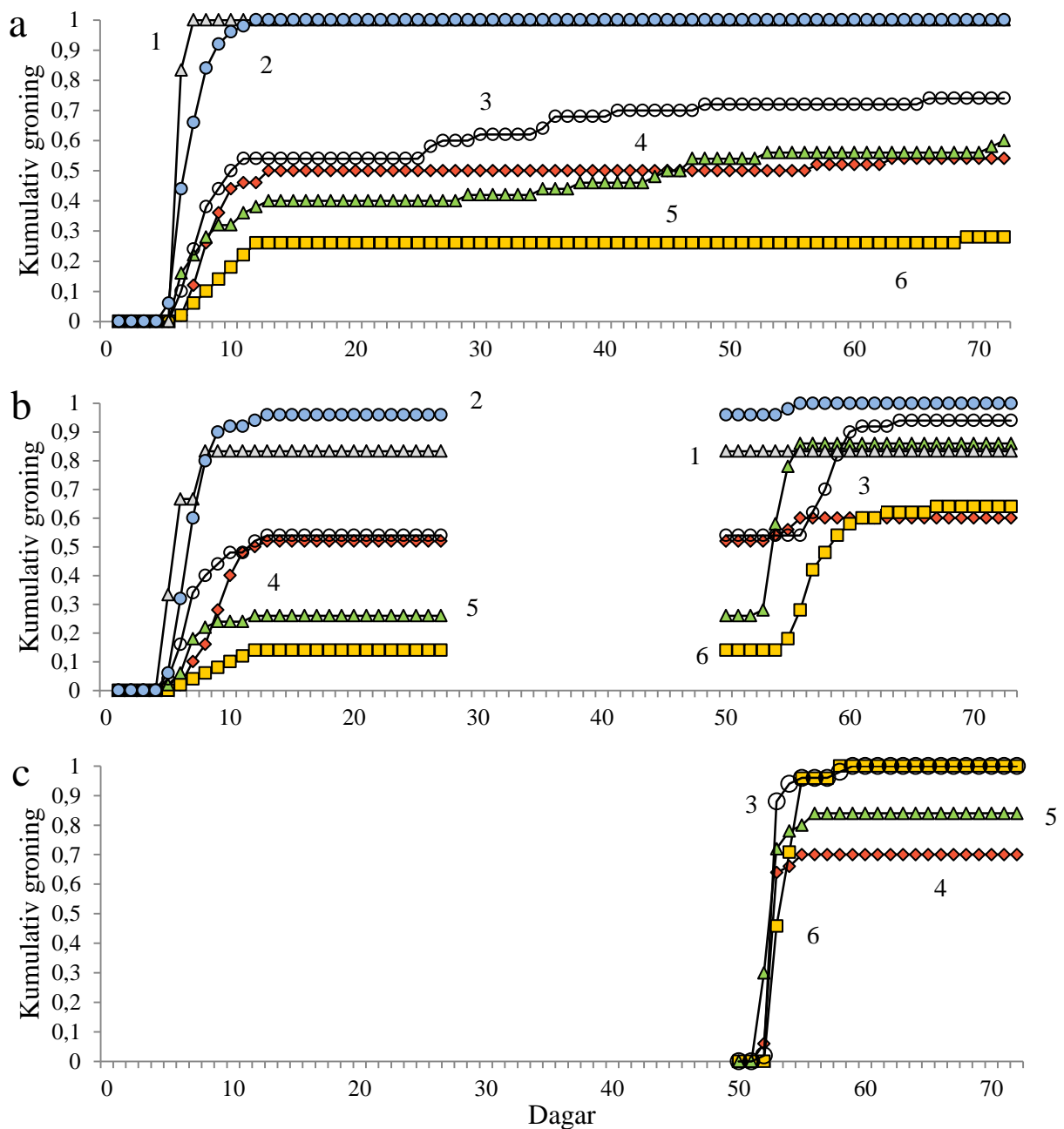
För 20 % av proverna hade de prover som inte stratifierats en högre grobarhet och för 17,5 % visades ingen skillnad. Stratifieringen visade på ett högt p-värde ( $P=0,998$ ) vilket innebär att resultatet av stratifieringen mellan de olika beståndens medelvärden är signifikant skilda åt. Kall-våt-behandlingen hade i de flesta bestånden en, i medeltal, positiv påverkan på grobarheten. Två bestånd (7 och 8) visade på bättre grobarhet, i medeltal, för de frön som inte genomgått stratifieringen.



Figur 17. Skillnaden i grobarhet mellan stratifierade och icke stratifierade prov för individuella träd (svarta punkter) sorterade beståndsvis. Medelvärdet för varje bestånd visas som öppna kvadrater. Positivt värde = stratifierade frön hade högre grobarhet. Negativt värde = icke stratifierade frön hade bättre grobarhet. Varje prov är baserat på mellan 1 – 24 kottar. 79 % av proverna är baserade på tio kottar eller mer.

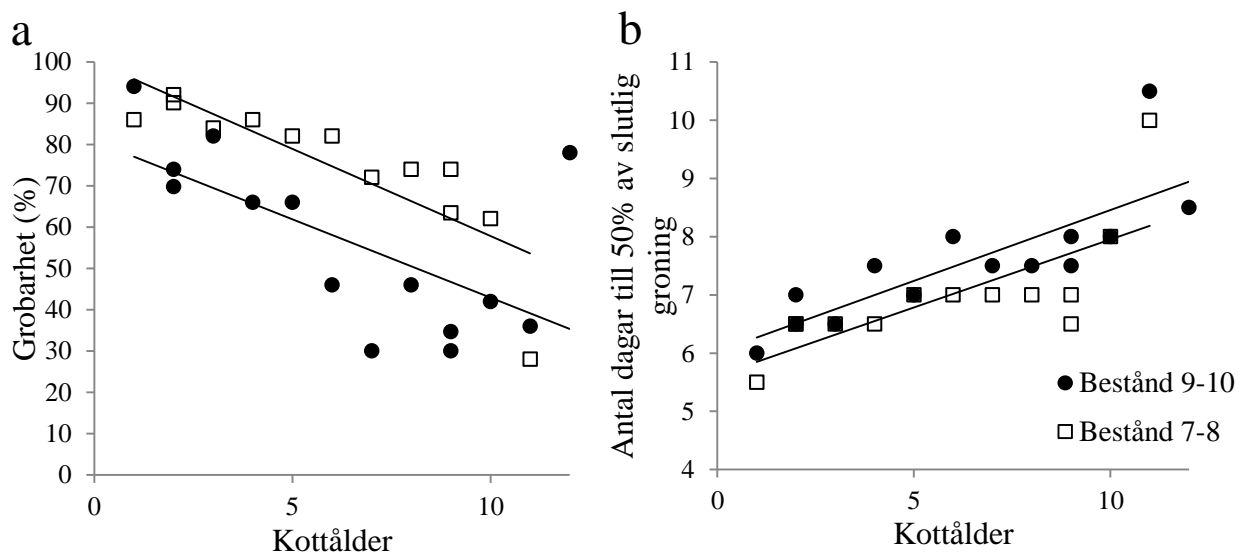
Jag testade tre olika behandlingsmetoder vid och under grobarhetstesterna. Frön från fem olika träd utsattes för alla dessa tre behandlingar och reagerade på olika sätt med avseende på grobarhet (figur 18). Exempel på fröprover som groddes utan avbrott i 73 dagar kan ses i figur 18a. Groningskurvornas utseende, för dessa icke stratifierade frön, varierade mellan de olika fröproverna. Vissa (1, 2, 4, 6) nådde sin maximala groningen inom ungefär 10 dagar. Andra (3, 5) hade en mer utdragen groningen som pågick under hela perioden som jag utförde

groningstesterna. Exempel på groningsförloppet för de prover som först sattes till groning och sedan (efter tre veckor) stratifierades kan ses i figur 18b. Groningen avstannade helt efter 12-13 dagar och de frön som återstod stratifierades. Reaktionen när de efter stratifieringen återigen sattes ut i rumstemperatur för groning ser olika ut. En del reagerar inte alls på stratifieringen och andra fröprover ökade sin summerade groning över 40 procentenheter på bara några dagar. De fröprover som stratifierades innan de sattes till groning nådde snabbt upp till ungefär samma eller något bättre slutlig groning som de vilka stratifierades efter en första groningsperiod (figur 18c).



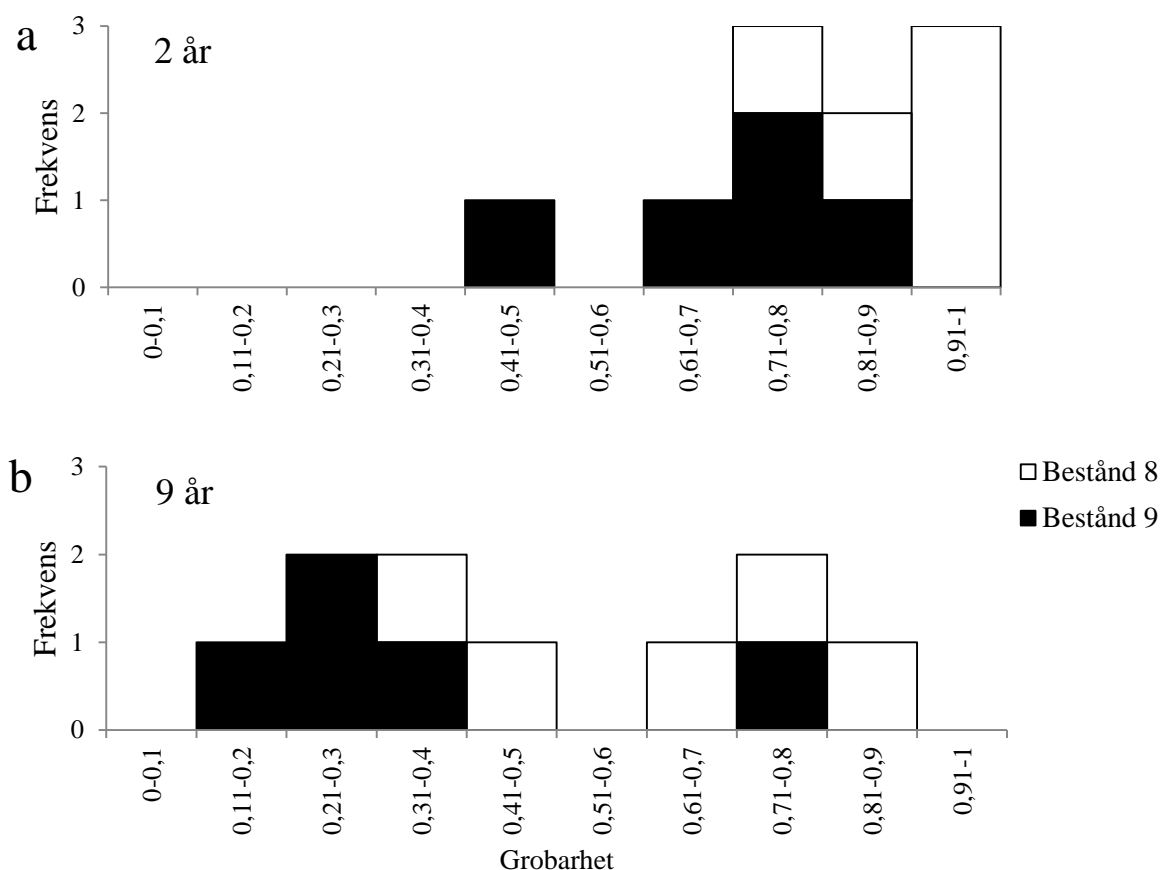
Figur 18. Exempel på skillnader i groningsförlopp för fröprover med olika behandlingshistorik. De olika siffrorna indikerar olika träd. a) Groddes utan stratifieringsbehandling. b) Groddes utan behandling i 27 dagar och stratifierades därefter i 22 dagar och sattes sedan till groning igen. c) Stratifierades i 22 dagar och sattes sedan till groning.

Grobarheten visade ett signifikant negativt samband med stigande kottålder ( $P = 0,000$ ;  $R^2 = 44,9\%$ ). Även resultatet för antal dagar till 50 % groningen visade en signifikant relation med kottålder ( $P = 0,000$ ;  $R^2 = 58,1\%$ ). Ju äldre kottar desto sämre grobarhet och även lägre hastighet på groningen. Dessa relationer syntes även för de enskilda beståndsgруппerna separerade (figur 19). I det materialet återfanns även skillnader i grobarhet mellan dessa beståndsgруппer. Beståndsgруппen 7-8, innehållande de två yngre bestånden, har vid de flesta kottåldrar högre grobarhet jämfört med beståndsgруппen bestående av bestånd 9-10 (figur 19a). Beståndsgруппen 7-8 har högre grobarhet men också en högre hastighet på groningen av frön vilket illustreras genom antal dagar till 50 % groningen (figur 19b). Grobarheten för den äldsta kottåldern i materialet (19 år) var 58 % men baserades bara på 2 kottar.



Figur 19. a) Variationen i fröns grobarhet med avseende på kottålder separerat på de olika beståndsgруппerna: bestånd 9-10 (40 och 43 år) och bestånd 7-8 (30 och 35 år). b) Dagar till 50 % groningen varierar med kottålder. Vid kottåldrarna 2, 3, 5 och 10 ligger punkten för bestånd 9-10 dold under punkten för bestånd 7-8. Endast de kottåldrar där frön extraherats från  $\geq 5$  kottar visas i graferna.

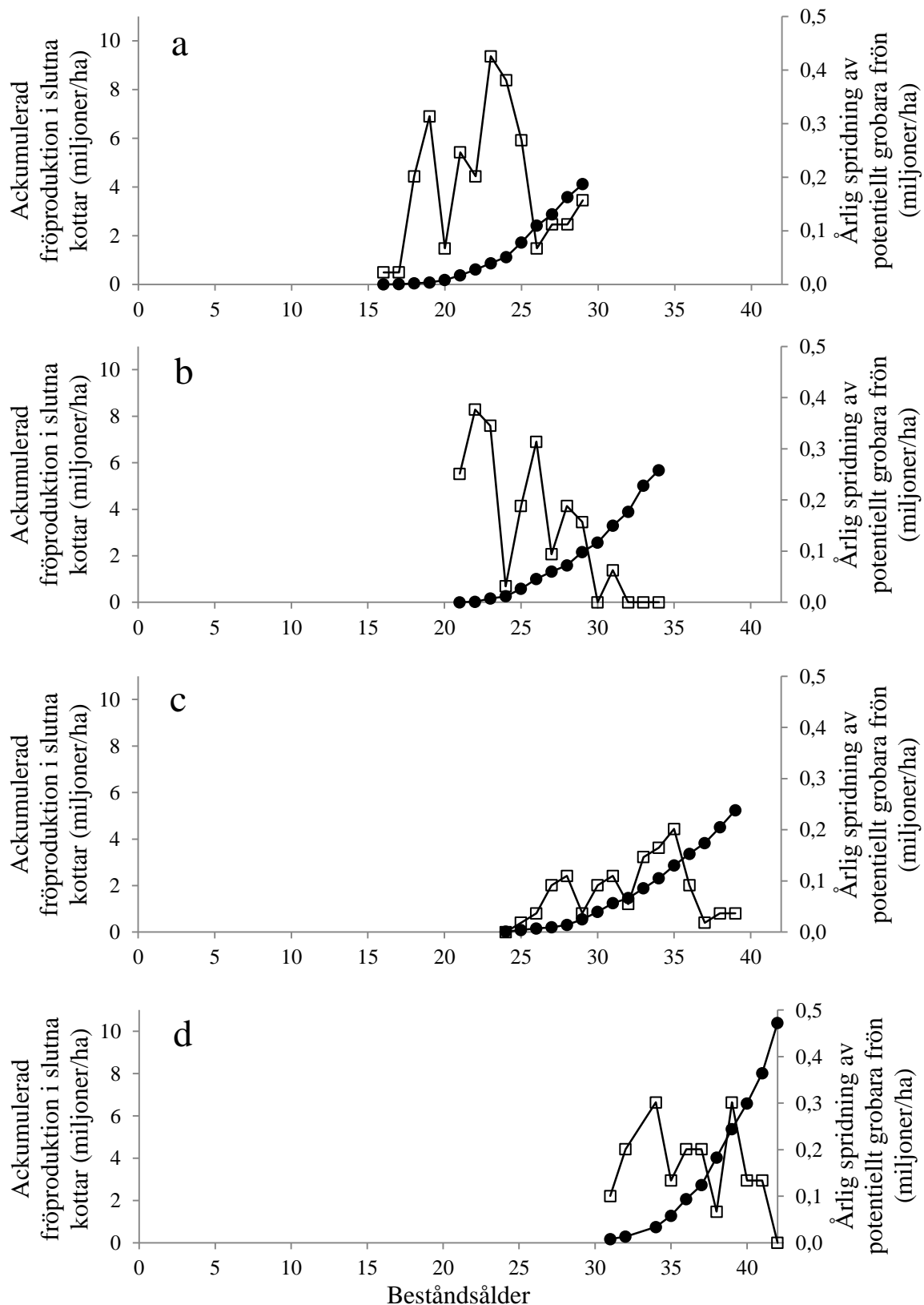
Medelvärde för andelen slutna kottar för de träd som ingick i *insamling 1* visade att beståndsgруппen 9-10 hade 50 % slutna kottar att jämföra med beståndsgруппen 7-8 vilken hade 37 % slutna kottar. Grobarheten för frön extraherade från individuella kottar från bestånd 8 och 9 i åldersklasserna 2 år och 9 år kan ses i figur 20. Frön från de 2-åriga kottarna grodde i medeltal bättre än de 9-åriga men det beror på lägre grobarhet för frön från *vissa* av de 9-åriga kottarna. Grobarheten för frön från kottar av hög ålder kan alltså variera ganska mycket mellan kottar från ett och samma träd alltifrån drygt 70 % ner till cirka 40 %. Det finns även en antydning till att frön från kottar i bestånd 8 i medeltal hade en högre grobarhet jämfört med bestånd 9 vilket stämmer med resultatet från det större materialet.



Figur 20. Histogram över grobarheten för individuella kottar i åldrarna a) 2 år och b) 9 år i de två olika bestånden 8 och 9.

## Rekonstruerad fröproduktion över tiden

Resultaten för fröproduktionen i de fyra äldsta bestånden visar att den årliga produktionen av potentiellt grobara frön (öppna kvadraterna) varierar kraftigt med 100 000-tals frön per hektar och år. Kurvorna för de frön som ackumuleras i de slutna kottarna i figur 21a, b och c följer liknande mönster medan kurva d har ett tydligt brantare mönster. Beståndet i graf d når även en nära fördubbling av antalet frön bundna i de slutna kottarna jämfört med de andra bestånden.



Figur 21. Produktionen av potentiellt grobara frön som släpps ut årligen från öppna kottar (den vita kurvan). Den svarta kurvan visar mängden potentiellt grobara frön som ackumuleras i beståndet i slutna kottar. Detta är beräknat per hektar för de fyra äldsta bestånden i studien. a = bestånd 7, b = bestånd 8 c = bestånd 9 d = bestånd 10. Observera att skalorna är olika för frön i serotina kottar respektive årligt fröfall.

## Diskussion

### Kottproduktion

Det totala antalet kottar på träden har ett signifikant samband med beståndsåldern beräknat på medelvärden för bestånden. Produktionen av *årets* kottar visar på samma trend men är inte signifikant med beståndsåldern. Antal kottar varierar mycket mellan träden inom samma bestånd och detta kan till viss del förklaras med att antal kottar ökar signifikant med diametern på träden oberoende av trädens ålder. Så en faktor som är signifikant avgörande för mängd kottar på träden inom bestånden är trädens vitalitet. Positionen i beståndet, mätt i form av grundyta för de närmsta stående träden, visade dock inget signifikant samband med kottproduktion. Sambanden mellan mängd kottar och diameter samt grundyta är i samklang med tidigare funna samband (Turner et al. 2007). Trots att dessa parametrar, diameter och grundyta, är korrelerade med varandra är trädets diameter en bättre indikator på kottproduktionen än omgivningens grundyta.

Materialet visar inte på några återkommande markanta kottår, med tydligt högre kottproduktion, utan snarare att kottproduktionen är relativt jämn mellan år i kontrast till den kraftiga årsvariationen hos svensk tall (Koski & Tallqvist 1978).

### Serotinitet

Mina resultat visar att contorta börjar producera slutna kottar vid en ålder av 13 år (eller eventuellt ännu yngre), vilket är tidigare än i Nordamerika (Turner et al. 2007). Andelen är dock liten sett till det totala antalet. Redan i ett 17-årigt bestånd är andelen slutna kottar relativt stor och förblir så i bestånden upp till åldern 20 år. I de 25-åriga och äldre bestånden är andelen öppna och slutna ganska jämnt fördelade. Vid en närmare titt på den faktiska produktionen av kottar per år ser det ut som att contorta i åldrarna 30-43 år producerar slutna kottar i hög grad men inte uteslutande. Jag fann en tendens att andelen slutna kottar av totala antalet kottar ökade med stigande beståndsålder men detta samband är inte signifikant. Förutom dessa trender syntes en mycket stor variation i serotinitet mellan enskilda träd i bestånden vilket antagligen till stor del beror på det genetiska arvet. Andelen halvöppna kottar ökar signifikant med beståndsålder men andelen var genomgående låg.

Graden av serotinitet verkar inte heller vara styrd av skillnader i trädens status i beståndet eller deras vitalitet. Att andelen slutna kottar inte är signifikant korrelerad med den normerade diametern beror antagligen på att produktion av olika kottkaraktärer, öppna, slutna eller halvöppna, redan i stor utsträckning är genetiskt bestämt och styrs i mindre utsträckning av yttre faktorer.

Anledningen till att jag hittade få kottar långt ned på trädet när jag studerade kottpositioner inom träden kan bero på olika orsaker. Det kan bero på att få kottar bildades under den här perioden eftersom träden var förhållandevis unga då. Eftersom träd från tre olika bestånd i olika åldrar är summerade är trädåldern när kottar producerades vid  $Y=14$ , då kottantalet minskar, ungefär 16-29 år (figur 12). Det innebär att kottproduktionen till viss del borde varit



ganska god i alla fall på vissa träd och detta skulle då styrka att kottarna i högre grad ramlat av. Äldre kottar är antagligen även mer benägna att trilla av grenarna. Kottar faller av träden av olika anledningar: grenarna dör och faller av, kottaxelns meristem dör när kotten mognat och kotten kan så småningom falla av för att grenarnas diameter växer vilket tvingar kotten av grenen via trycket som bildas (Koch 1996). Fördelningen av öppna och slutna kottar kan möjligtvis förklaras av detta. De senaste 12 åren, från  $X=0$ ;  $Y=12$  och uppåt längs  $Y$ -axeln (figur 12), syns en riklig produktion av slutna kottar i jämförelse med de andra kategorierna. Anledningen till att den förmodade högre produktionen av öppna kottar i yngre år inte syns i materialet kan bero på att de ramlat av eller att trädet totalt inte producerades stora mängder kottar vid den tidpunkten på grund av relativt låg ålder.

Eftersom graden av serotinitet hos contorta varierar så stort och av allt att döma är genetiskt styrd, leder det till att individer som har öppna kottar kommer att sprida sina gener vidare i mycket större utsträckning än individer med i huvudsak slutna kottar. Detta bör leda till en ökning i andel träd med huvuddelen öppna kottar och bidra starkt till en successiv naturalisering av arten i Sverige. Det är värt att notera att de frön som sprids årligen från öppna kottar sitter placerade nästan längst ut på trädets grenar från toppen och några grenvarv ner. De är antagligen i den bästa positionen för att spridas med vinden.

## Fröproduktion och grobarhet

Jag fann ett tydligt samband mellan försämrad grobarhet och kottarnas stigande ålder. Tidigare studier har visat att det inte finns något samband mellan grobarhet och kottålder (Ackerman 1966). Variationen i grobarhet mellan beståndsgrupperna skulle kunna eventuellt bero på en proveniensskillnad men muntliga uppgifter från en tidigare förvaltare säger att det bör vara samma proveniens<sup>1</sup>. Eftersom materialet även är en blandning av två olika bestånd så är det osannolikt att en proveniensskillnad skulle synas i resultatet och på ett sådant tydligt sätt som det faktiskt gör. Att skillnad i grobarheten istället skulle bero på att de är mixade och separerade utifrån beståndens åldrar är i så fall mer sannolikt men det är oklart vad som egentligen gör att grobarheten skiljer åt. Skillnaden i grobarhet skulle även kunna bero på den yttre miljön för kottarna. Vissa bestånd kan ha en mer krävande och för fröna inne i kottarna sämre miljö såsom ihållande fuktigt klimat.

Analyserna av frön från enskilda 9-åriga kottar tagna på samma träd visar att sänkningen i grobarhet med åldern främst berör vissa kottar. Man kan spekulera att skillnaderna kunde tänkas bero på kottarnas position i trädkronan, eller deras orientering på skottaxeln. De 9-åriga individuella kottarna hade i medeltal en sämre grobarhet jämfört med de 2-åriga kottarna och det kan förklaras med högre ålder, i enlighet med grobarheten för det samlade materialet.

För de kottar som vid insamlingstillfället upplevdes som slutna, men visade sig vara delvis öppna var grobarheten relativt hög. Det förväntade resultatet hade varit en betydande lägre grobarhet på grund av att fukt och svamp bör haft lättare att ta sig in i dessa kottar och sänka kvalitén på fröna. Trots detta hade de en hög grobarhet.

---

<sup>1</sup> Bror Österman, fd. förvaltare Holmen, Telefonsamtal 2013-11-26

Andelen matade frön skiljde ganska mycket mellan olika träd. Anledningen till att contortafrön inte är matade kan vara självpollinering, frost eller annan skada på fröet (Owens 2006). Detta borde dock inte resultera i så stora skillnader inom bestånden. Contorta aborterar mer sällan dåligt pollinerade kottar i jämförelse med svensk tall och därför är tomfröhalten högre i contorta kottar<sup>2</sup>. Tomfröhalten kan även variera mycket mellan år och är antagligen positivt korrelerat med den totala kottproduktionen mellan åren. Grobarheten för matade frön visade på en mindre variation och var generellt hög, med tanke på att det rör sig om frön från kottar i åldersklasser 1-5 år. Medelgrobarheten för alla provträd var 91 %.

Stratifiering påverkade de flesta fröprover positivt men inte alla. En knapp positiv eller negativ påverkan är antagligen inte en signifikant skillnad men förutom det så har frön från några provträd reagerat mycket positivt på stratifieringsprocessen och ökat sin grobarhet med mer än 20 procentenheter. Stratifieringstest på contorta har visat en ökning i grobarhet med ungefär 30 procentenheter (Krakowski & El-Kassaby 2005). Även i detta fall kan man misstänka att variationen mellan olika träd främst är genetiskt kontrollerad.

## Skötselkonsekvenser

Flera egenskaper hos contorta visar stor variation mellan individer: fröproduktion, serotinitet, tomfröhalt och till viss del grobarhet. Dessa egenskaper är troligtvis genetiskt kontrollerade vilket ger stor potential för selektion.

Contortabestånd har en god potential att fungera som frötäkt genom att plocka slutna kottar. Det skulle då vara möjligt att selektera frömaterialen från träd med stor andel slutna kottar för att i förlängningen minska spridningsrisken av vindspridda frön.

Vid avverkning av contortabestånd då grot (grenar och toppar) lämnas kvar på marken sker öppning av de kvarvarande slutna kottarna efterhand (Ackerman 1966). Efter bara några månader har andelen kottar på marken som öppnat och släppt sina frön ökat med tiotals procentenheter och detta sker i alla kottåldrar men tydligast syns öppningen i de äldre kottåldrarna. Grobarheten för dessa kottar sjunker något med tiden de ligger på backen men efter drygt 2 år är grobarheten ändå mellan 28-67 %.

Öppna kottar förekommer i alla beståndsåldrar och innebär således en kontinuerlig fröspridning från bestånden. Årligen produceras i medeltal mellan 72000 – 186000 potentiellt grobara frön/ha bara från öppna kottar i bestånd i åldrarna 30 – 43 år. Spridningskurvan från bestånd är fortfarande dåligt känd men med mina kvantitativa data på fröproduktionen och väl underbyggda spridningskurvor kan kolonisationspotentialen på olika avstånd från frökällan beräknas.

---

<sup>2</sup> Erik Walfridsson, Försökstekniker, skogforsk. Telefonsamtal 2014-02-21

## Referenser

- Ackerman, R.F. (1963) Seed release from slash-born lodgepole pine cones after clearcutting. Establ. Rep. Ottawa: Canadian Department of Forestry, Forestry Research Branch. 17 p.
- Ackerman, R.F. (1966) Effect of storage in slash on quantity and quality of lodgepole pine seeds available for regeneration. Alberta: Department of forestry and rural development. No A-80
- Andersson, B., Engelmark, O., Rosvall, O. & Sjöberg, K. (1999) *Environmental impact analysis (EIA) concerning lodgepole-pine forestry in Sweden*. Skogforsk (Rapportserie 1999:3)
- Critchfield, W.B. & Little Jr., E.L. (1966) Geographic distribution of the pines of the world. US Department of Agriculture, Forest Service Miscellaneous Publication, 991, 97 pp.
- Despain, D.G. (2001) Dispersal ecology of lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) in its native environment as related to Swedish forestry. *Forest ecology and management*. 141: 59-68
- Dunlap, J.R. & Barnett, J.P. (1983) Influence of seed size on germination and early development of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) germinants. *Canadian journal of forest research*. 13: 40-44
- Edin, M. (2000) Contortatallens självspredning i anslutning till planterade bestånd i Norrland. Sveriges lanbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel (Examensarbete 2000:9)
- Elfving, B., Ericsson, T. & Rosvall, O. (2001) The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden – a review. *Forest ecology and management*. 141: 15-29
- Fries, C. (1981) *Fröbehandling av contortafrö innan sådd vid olika groningstemperaturer*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel (Examensarbete 1981:16)
- Greene, D.F. & Johnson, E.A. (1996) Wind dispersal of seeds from a forest into a clearing. *Ecology*. 77(2): 595-609
- Hagner, S. & Fahlroth, S. (1974) On the prospects of cultivating *Pinus contorta* in north Sweden. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift*. 4: 477-528
- Johnstone, J.F. & Stuart Chapin, F. (2006) Effects of soil burn severity on post-fire tree recruitment in boreal forest. *Ecosystems*. 9: 14-31
- Kawano, S. (1981) Trade-off relationships between some reproductive characteristics in plants with special reference to life history strategy. *The botanical magazine Tokyo*. 94: 285-294
- Koch, P. (1996) *Lodgepole pine in North America*. Corvallis: Forest products society
- Koski, V. & Tallqvist, R. (1978) Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees. *Folia forestalia*. 364: 1-60
- Krakowski, J. & El-Kassaby, Y.A. (2005) Lodgepole pine and white spruce germination: effects of stratification and simulated aging. *Silvae genetica*. 54 (3): 138-144
- Ledgard, N. (2001) The spread of lodgepole pine (*Pinus contorta*, Dougl.) in New Zealand. *Forest ecology and management*. 141: 43-57

- Lotan, J.E. (1967) Cone serotiny of lodgepole pine near west Yellowstone, Montana. *Forest science*. 13(1): 55-58
- Lotan, J.E. (1975) The role of cone serotiny in lodgepole pine forests. In: Baumgartner, D.M. (Ed.), Management of Lodgepole Pine Ecosystems, Symposium Proceedings, Pullman, WA, 9-11 October 1973. Washington State University Cooperative Extension Service, Pullman, WA, pp. 516-535.
- Lotan, J.E. & Perry, D.A. (1983) Ecology and regeneration of lodgepole pine. Agricultural handbook. 606. Washington. DC: U.S. department of agriculture.
- Nellbeck, R. (1981) Odling av *P. Contorta*. Program och erfarenheter 1968-1980 AB Iggesund's Bruk. *Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift*. 79(3): 3-34
- Nemer Barbiche, J. (2013) *Självspredning av contortatall (Pinus contorta) på impedimentmark i Sverige*. Sveriges lantbruksuniversitet. Jägmästarprogrammet (Examensarbete i skogshushållning 2013: 392)
- Nilsson, U. (red.) (2013) *Skogens skötsel. Rapport från Future Forests 2009-2012*. (Future Forests Rapport 2013:1) Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet
- Nilsson, P. & Cory, N. (2013) Skogsdata2013. Umeå: Arkitektkopia AB. ISSN 0280-0543
- Nyström, B. (1988) *Spontan självföryngring i norrländska contortaplanteringar*. Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsteknikerkurs (Examensarbete i skogsskötsel 1988: 1)
- Owens, J.N. (2006) The reproductive biology of lodgepole pine. Forest genetics council of British Columbia. ISBN 0-7726-5342-9
- Perry, D.A. & Lotan, J.E. (1977) Opening temperatures in serotinous cones of lodgepole pine. USDA forest service research note INT-228
- Primack, R.B. (1978) Regulation of seed yield in *Plantago*. *Journal of ecology*. 66: 835-847
- Rejmánek, M. & Richardson, D.M. (1996) What attributes make some plant species more invasive? *Ecology*. 77 (6): 1655-1661
- Sjödin, J. (2012) *Undersökning av självspredning av contortatallen i norra Sverige*. Sveriges lantbruksuniversitet. Jägmästarprogrammet (Examensarbete i skogshushållning 2012: 13)
- Skogsstyrelsen (2009) *Regler om användning av främmande trädslag*. Jönköping: Skogsstyrelsen. Meddelande 7. ISSN 1100-0295
- Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (2012) Jönköping. SKSFS 2012:5
- Schmidt, W.C. & Alexander, R.R. (1985) Strategies for managing lodgepole pine. In: Baumgartner et al. (Eds.), Lodgepole pine: The Species and its Management. Proceedings of the Symposium May 14-16, Vancouver, Canada. Available from Washington State University, Pullman, WA, USA, pp. 201-210
- Turner, M.G., Turner, D.M., Romme, W.H. & Tinker, D.B. (2007) Cone production in young post-fire *Pinus contorta* stands in Greater Yellowstone (USA). *Forest ecology and management*. 242: 119-126

- Vander Wall, S.B. (2003) Effects of seed size of wind-dispersed pine (*Pinus*) on secondary seed dispersal and the caching behavior of rodents. *Oikos*. 100: 25-34
- Walters, M.B., Kruger, E.L. & Reich, P.B. (1993) Growth, biomass distribution and CO<sub>2</sub> exchange of northern hardwood seedlings in high and low light: relationships with successional status and shade tolerance. *Oecologia*. 94: 7-16

## Appendix

Tabell 1. Andel frön som grodde i groningsförsöket och andel matade frön av det totala antalet för de olika extraktionstemperaturerna, extraktionstiderna och åldrarna.

Grader (C°)/sekunder/kottens ålder	Andel matade frön av totala	Andel grodda frön av totala
78/15/7	0,87	0,87
78/15/9	0,71	0,71
86/10/1	0,76	0,35
86/10/6	0,67	0,00
90/30/1	0,90	0,00
90/30/2	0,81	0,33
90/45/1	0,78	0,00
90/45/2	0,73	0,59
90/60/1	0,60	0,00
90/60/2	0,69	0,43

Tabell 2. Benämning av bestånden och deras identitet enligt Holmens beståndsregister.

Bestånd	Karta och beståndsnummer enligt Holmens beståndsregister
1	688049-6717
2	685046-6497
3	691047-4922
4	691047-4407
5	688056-3138
6	689056-3740
7	687058-7903
8	688057-2066
9	687057-0442
10	687057-1559

## SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2013:11      Författare: Lisa Wik Persson  
Nitrogen fixation among boreal feather mosses along a clear-cut chronosequence
- 2013:12      Författare: Jakob Nemer Barbiche  
Självspredning av contortatall (*Pinus contorta*) på impedimentmark i Sverige
- 2013:13      Författare: Sebastian Backlund  
The effects of mother trees and site conditions on the distribution of natural regeneration establishment in a Bornean rainforest disturbed by logging and fire
- 2014:1        Författare: Matilda Olofsson  
Utomhuspedagogik i skogen för barn. Skötsel och informationsförslag för Stadsliden, en stadsskog i Umeå
- 2014:2        Författare: Li Videkull  
Tree species traits response to different canopy cover for 34 tree species in an enrichment planted tropical secondary rain forest in Sabah, Malaysia
- 2014:3        Författare: Helena Lindén  
Förvaltning och skogsskötsel av ett tätortsnära naturreservat. – En fallstudie om Lugnets naturreservat i Falun
- 2014:4        Författare: Matilda Johansson  
Askåterföring på skogsmark – en metaanalys om påverkan på ytvattnets syra-baskemi
- 2014:5        Författare: Sven Gustafsson  
Gynnar stora hyggen ortolansparven? Resultat från en inventering i Västerbotten 2013
- 2014:6        Författare: Björn Karlsson  
Bergsbrukets början, samt dess och jordbrukets påverkan på vegetationen uti Garpenbergs socken i sydöstra Dalarna
- 2014:7        Författare: Martin Karlsson  
Jordbrukets och järnframställningens påverkan på skogsutvecklingen vid Eskilshult, en by med medeltida anor. – En studie baserad på pollenanalys
- 2014:8        Författare: Ragna Lestander  
En utvärdering av de skogliga vattenplaneringsverktygen NPK+ och Blå målklassning med avseende på vattenkvalitet och vattenkemi
- 2014:9        Författare: Sara Svanlund  
Carbon sequestration in the pastoral area of Chepareria, western Kenya – A comparison between open-grazing, fenced pastures and maize cultivations
- 2014:10       Författare: Erik Risby  
Beräkning av areal och stående timmervolym i skyddszoner skapade från DTW-index
- 2014:11       Författare: Erik Olsson  
Jämförelse av prognostiserad och observerad beståndstillväxt 5 år efter första gallring enligt Bergvik Skogs skötselprogram